CRDS-FY2010-XR-13

JST-CRDS／NISTEP共催講演会 講演録

Extreme Events in Human Society

講師：John Casti 教授
IIASA プログラムリーダー 前サンタフェ研究所 主任研究員

2010年 7 月28日開催

独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

開催概要

演　題：　Extreme Events in Human Society

講　師：　John Casti 教授
IIASA プログラムリーダー、前サンタフェ研究所主任研究員

日　時：　2010 年 7 月 28 日（水）10 時 00 分～12 時 00 分（受付開始 9 時 30 分）

場　所：　科学技術政策研究所会議室（霞ヶ関ビル 30 階　3026 会議室）

言　語：　英語（同時通訳付き）

講師略歴：

1970 年南カリフォルニア大学学位取得（数学）、RAND、アリゾナ大学、ニューヨーク大学、プリンストン高等研究所を経て、1973 年国際応用システム分析研究所（IIASA）初代研究員に就任。1986 年ウィーン工科大学教授。1992 年～2002 年サンタフェ研究所主任研究員。著書に『ケンブリッジ・クインテット』(The Cambridge Quintet; 新潮社 1998/9)、『現実の脳人工の心』（Real Brains, Artificial Minds ; 共立出版 1991/5）、『パラダイムの迷宮－科学の鏡に映る実像と虚像』（Paradigms Lost ; 白揚社 1992/6）、『複雑性とパラドックス－なぜ世界は予測できないのか？』（Complexification ; 白揚社 1996/11）、『20 世紀を動かした五つの大定理』（Five Golden Rules ; 講談社 1996/4）、『複雑系による科学革命』（Would-be Worlds ; 講談社 1997/5）、『プリンストン高等研究所物語』（The One True Platonic Heaven ; 青土社 2004/12）他多数。

司会（有本）　おはようございます。JST 社会技術研究開発センターの有本です。今朝は「Extreme Events in Human Society」ということで、世界的に有名な John Casti 先生においでいただきました。一昨日来られたんですかね。あと 2～3 日、日本にいらっしゃいます。彼は University of Southern California の数学を出られ、RAND Corporation、それからプリンストンにおられて、今は IIASA に所属し、オーストリアの大学で複雑系を教えていらっしゃいます。サンタフェにもおられたんですね。

非常に複雑で予期しない不確実な社会あるいは未来をある程度フォーサイト（foresight）、予測をし、それに対応するということがいま非常に大事になっていると思います。特に日本の科学技術政策で申し上げますと、トラディショナルなディシプリン・オリエンティッド（discipline oriented）から社会的な課題を解決するという方向へ、科学技術のリソースのウエートを掛けていくという流れが今できつつあると思います。

その際、まずどうやって科学技術で解決すべき課題を見出すのか。あるいはそれを見出した上で科学技術の体制を組んでいくというところが、私個人的な感じとしてはほとんど日本では議論されていません。ストレートに申し上げると、安倍政権のときに「イノベーション 25」ということで少しそういうことをやろうとしたのです。しかしファンディングのつくり方、研究の体制のつくり方、評価の仕方、人の育成の仕方を考えずにそういう方法論を打ち出したので、「イノベーション 25」はほとんど空回りで終わってしまいました。しかし今回、第 4 期科学技術基本計画では、それをどうやって確立していくかということが非常に大事になると思います。

その一環として、Casti 先生が午前中にお話しになるような未来の予測、課題を見出していくというところで、もう少し日本の中でもプロフェッショナルなコミュニティをつくるなど、新しい研究者をどんどん育成していくことが大事だと思います。私の個人的な意見もありますけれども。そういうことも含めて Casti 先生に 1 時間ぐらいお話しいただいて、それからディスカッションしたいと思っております。それでは先生、1 時間ほど講演をしていただけますか。そのあとコメントなどを皆さんからいただきたいと思います。

Casti　どうもありがとうございます。まずは所長に対して、そして有本センター長、それから私の友人でもあります渡辺先生、今回このような機会を設けてくださいましてありがとうございました。今日ここで皆様とともにこういったお話ができますことを大変うれしく思います。

新たに生まれてきた科学的な活動が IIASA でも始まったわけですが、これはオーストリアのウィーンにあり、私はプログラムの担当のディレクターを務めています。今日これからお話しする内容は、まずこのプログラムそのものについてです。そして、特に将来について考えている方々、例えばプランニングや政策策定といったことに関わっている人たちとの関係についてです。これは、もし何か意味するとすれば、明日の社会、あるいは来年、この先 10 年、この次の世紀を見据えて今日何ができるのかということを考え、そういった社会に備えていくということだと思います。

将来の世界において、特にこの 10 年、何十年か先を考えるとき、つまり明日や来月のことではなくこの先を考えたときには、予想外と言うよりも我々が驚愕するようなことが起こり得るということです。つまり我々の生活においてそういった課題に直面することがあるわけです。我々の今日持っているライフスタイルが、そのまま直接 30 年先にも当てはま

ると考えるのは非現実的だと思います。予想外の出来事で影響を受け得ないと考えるほうが非現実的であり、予想外のことを予想することが必要になってくるのです。

さて、本題に入る前にタイトルについて説明したいと思います。まず「極端な事象」というのはどういうことなのか。これを次のスライドで説明したいと思います。人間の社会というものか、ここが大変重要です。一般に、街で誰かに出会って、いま極端なことと言うと何を思い浮かべますかと聞いたときに、何か浮かんでくるとしたら、何か劇的でしかも大きな被害を与えるようなことではないかと思われます。例えば阪神淡路大震災のようなもの。あれは普通極端な事象と言うと浮かんでくるよい例だと思います。

私はこのプロジェクトのタイトル、そしてこの講演のタイトルに「人間の社会における極端な事象」を意図的に選びました。人間の社会での極端な事象は人為的な行為によって生まれるものです。例えば地震、ハリケーン、嵐、洪水など、自然によって発生するものは考えていないことが多いわけです。これらは、自然が我々に対して極端な事象を投げ込んで、我々がなんとかそれに対処しようとするものです。

しかしそれ以外にも多くの極端な事象があって、その中には人為的な原因で発生するものがあるのです。例えばいま起こっているよい例として金融危機があります。これは決して自然の脅威として生まれたものではありません。人間の判断、人間の恐怖、欲望といったものが合わさって、むしろ多くの人々にとっては大きくマイナスの効果を与えるようなものを生んだわけです。

これ以外にも極端な事象として人為的な原因によるものがあります。例えばインフラが障害を起こす、コミュニケーション、通信網、航空管制網、電力などが破綻するのは人為的原因によるものです。テロやその他さまざまな政治的な革命もそうです。ですから列挙すれば、実に多くのものが極端な事象、人類の社会に対して大きな影響を与えていたものとして挙げられると思います。そして、おそらく地震やハリケーンよりも、人為的な原因への理解が及んでいないと思われます。

そこでウィーンにおいては、こういった人為的な原因による極端な事象とその影響について検討しようとしているわけです。もう 1 つ強調したいのは、このあとスライドでも出てきますが、すべての極端な事象が必ずしも悪いことばかりではないという点です。極端な事象というのは、何かを恐れなければいけない、破壊をもたらす、予防を試みなければいけないというものでは必ずしもないのです。

もしかすると場合によっては、何か自分たちの意思で極端な事象を生み出さなければならないこともあるかもしれません。それによって社会を従来の軌道から外れさせて、そしてまったく新しい体制に移していこうというような試みが行われるかもしれません。そういった例もこのあとご紹介したいと思います。

さて、お気付きかと思いますが、このタイトルにある、私が所属している IIASA のシステム解析という部分が重要です。我々の研究所においてはシステム的な思考をします。コンセプト、メソッド、ツールといったものを開発してシステムを理解しようとしています。ですから我々のプロジェクトの基本的な志向性というのは方法論（methodology）です。

この真ん中にある絵は応用システム、分析の応用です。応用というのは、常に我々の方法論がどのように使われるかということを意識しておかなくてはいけません。どういった設問を我々は政策決定者や企業の意思決定者に対して投げかけていくのか。どういう設問に意識を持って、方法論をどう使えば役に立つのか。そして、どのように設問や関心事に

対して、研究に関わっていない研究所や大学でも解決策を与えられるようにするのか。例えば政策分析というようなことも我々はやっていますが、システムというときには、いかに設問に対して解を与えるかということを考えなくてはいけないのです。

では極端な事象とはどういうものなのでしょうか。私の話の残りは極端な事象（Extreme Events）を略して、Xevents と呼びたいと思います。共通の理解として従来からの知恵を借りると、あまり頻繁には起こらない珍しい事象、そして地震、嵐など、数時間から数日は続くけれども何十年も継続はしない、比較的短期間に発生するもの、また非常に破壊的な被害、破壊的な状況を呼ぶものです。ですから二度と起こってほしくない、早く収まってほしいと思うようなことです。

これは非常に狭義の意味で、もう少し枠を広げた広義の意味で Xevents を捉えてみます。まず「珍しい」というところは上と同じです。頻繁に起こらないということです。毎日起こっているものを極端とは言わないと思います。あまりしばしば起こらないものです。いいこと、悪いこと、両方あります。すなわち見ている人によっては歓迎すべきものであり、あるいは治めるべきものです。

この区別をするために私は 2 つの概念を導入しました。Unfolding Time（UT、展開時間）と Impact Time（IT、影響時間）と呼んでいます。UT とは、ある事象が続いていくのにどれぐらいの時間が掛かるのか、展開して終了するまでの時間です。例えばハリケーンや地震の場合は比較的短い時間で発生し終了します。金融危機のさなかに我々はいますが、これはかなり長期に及びます。何年という期間で測定することになるでしょう。

その他、人為的な Xevents でこれより長く続く場合もあります。IT は、その事象が世界に対して影響を及ぼしている時間です。例えば事象が発生して影響を及ぼす時間というと、お金や人命など人に対して影響を及ぼし、例えば制度がすべて入れ替わるまでに 1 世紀を要するような場合もあるでしょう。

このリストに 3 つ目を加えるとするならば事象の強度です。どれぐらい重大な事象であったのか、地震はカテゴリー7 あるいは 8 など強度で表したりするわけですが、この強度が重要になってきます。事象の社会領域に及ぼす影響は強度によって変わり異なるため、強度は影響の中に含まれています。

人によっては自然科学領域を背景として、やはり数字で確かめたいという人もいると思います。数字を見て初めて、どれだけこの事象が極端であるかを知るのです。すなわちまったく極端でないというところから、非常に極端であるというところまでスケールで見たいというようなこともあると思います。私はあまりその尺度には注意を払わないのですが、尺度に興味のある人には、この UT、IT を使って少し指標的に Xevents がどれぐらいのものかということを知っていただくための評価尺度を挙げてあります。です。これがその公式です。高校の数学で出てくるような、数学とも呼べないような代数的なものです。

いくつかの側面を捉えて Xevents としています。これを Xevents の X を取って数量化しようというものです。基本的にこれは何を言わんとしているのか。UT が短く IT が長い場合として、自然によって起こる事象が挙げられます。例えばカトリーナというハリケーンの被害がアメリカでありましたが、展開時間は数時間でした。しかし影響は 5 年たった今もまだ現存しています。このように UT は短く IT は長いということから、この公式に当てはめると X が 1 に近似するという数字になります。X という数量ですが、あえて 0 から 1 になるような公式にしています。1 に近くなるとより Xevents になります。0 に近いと極

端性が減少することになります。

このこと自体には例外があって、この数量は最大でも近似でしかないのです。どれだけ極端であるかということの近似でしかありません。あくまでも参考値です。ですから例えば一般的に言う、それほど極端ではない、あるいは極端であるという言葉での表現レベルにとどまるということです。例えば rule of thumb と英語で言いますが、Xevents というのは大体の目安であり、絶対ではありません。

皆さんもこのコピーのところで、それ以外の数値がどういうものであるかということを見ていただければと思います。カトリーナ型の 5 と言われる、IT がカトリーナよりも長いハリケーンがマイアミビーチを襲いました。マイアミはニューオーリンズよりも脆弱な場所であるために IT が長くなって、非常に破壊的な状況であり、X が基本的に 1 という大変 Xevents でした。

相対的に Xevents を見てみると、見る人によっても極端かどうかは変わってきます。同じハリケーンで今度はカリブ海です。外洋のほうということで陸上に上陸しなかったものです。そのときには影響時間は 0。すなわち人間社会には影響はなかった場合、事象とも捉えられないものです。そして X の値はよって 0 でした。まったく Xevents ではありません。同じハリケーンであったのに 0 となるわけです。

そこで示されているのは、Xevents というのは絶対的なものではなくて、これは文脈（コンテクスト）によるということです。カリブ海のハリケーンは、ハリケーンを研究する人には大きな関心事かもしれませんが、それ以外の人には関心事ではありません。人間社会に対しての影響がなかった、被害が及ばなかった、死亡者はいなかったため、一般的には事象としても認められないということになるわけです。

3 つ目、4 つ目の例です。これはより興味深い内容ではないかと思います。まず人為的な事象が最初に示されています。それはこの Xevents がマイナスではなくプラスの効果を持つというものです。最初のものはいわゆるドイツの第二次大戦敗戦後、マーシャルプランが導入されて経済の奇跡を起こしたというものです。アメリカはドイツの再建のために資金を投入して再興させるため、アメリカ製品の市場をドイツで形成しようとしました。今から考えるとおかしな話ですが、1940 年代後半に行われました。そこでのイベントは発生から終了まで 5 年から 10 年 UT が掛かりました。マーシャルプランの展開が行われて資金提供が行われたのが 5 年から 10 年です。

この資金提供が、経済のシステムの中で、25 年間継続的に奇跡をもたらしました。したがってこれは 0.83 という、X が相当高い数値になります。そして Extreme Events ということにもなり得るでしょう。しかしながら同時に言えることは、これはポジティブな Extreme Events であったということです。特にドイツ人やアメリカ人の観点から言えば間違いなく、これは歓迎すべきポジティブなことであったということで、脅威あるいは破壊的といったものではなかったわけです。

では最後の例です。これは農業の進化です。畜産などの発展も含まれます。これによって人間の生活そのものが変わってきました。この農業の進化には何千年も掛かっています。それでは IT はどうかと言うと、これまでのところ 4000 年ぐらいと計算していいでしょう。そして今もまだこれは続いています。まだまだその影響が今日でも感じられます。劇的な変化です。例えば 100 人ぐらいの社会で暮らしていたところが、東京のような大都市圏になっても、まだ農業で暮らしていくということになるわけです。

かつては東京のような都市はありませんでした。それはそもそも食料などを自給できなかったためで、現在は十分な食料や家畜を自給自足できるから東京が存在し得るのです。この X はだいたい 0.33、3 分の 1 であり、決して大きくはないのですが、IT より UT が高いということになります。人間に農業という手法ができ、そして家畜類を飼育することができるようになり、だんだんと IT が大きくなっていったわけです。

さらにまた 4000 年経つと、人間が 4000 年存続しているとしたら、これは 8000 年ぐらいになるため、X の値はもっと高くなります。ということは、X は IT よりもより極端な方向へ大きくなっていくことになるでしょう。

今日、生活している私たちから見ると、この農業の発展というのはポジティブであって決してネガティブではないでしょう。決して破壊的なものではありません。ではなぜ、このような Xevents を建設的なものではなく、常に破壊的なものと考えてしまうのでしょうか。それは UT がここに入っていないからです。これが短い場合、一般にこの事象は破壊的なものが多いわけです。

物理学者であればすぐに分かると思いますが、これはダイナミクスの 2 次法です。破壊するほうが時間が短くて済むからです。例えば高層ビルをつくるのには 5 年ぐらい建築時間が掛かりますが、破壊するのは数秒で済みます。既存のビルを破壊して新しいビルをつくるときには爆発物を仕掛けてほんの数秒で壊すことができます。建設には 5 年掛かっても破壊はほんの数秒で済む。UT が短いというのは破壊ということに関連してくるからです。

事象が展開する時間が長ければ、例えば 100 年とはいかなくても数年掛かるものであれば、一般にポジティブな事象であると考えられます。しかし瞬時に、数秒あるいは数日間で展開してしまうような事象はだいたい破壊に関連している場合が多いと言えます。それはつまり我々が恐れるべきもの、または避けるべきものということになります。以上 Extreme Events についてはこれぐらいでよろしいでしょう。

続いて学術的な原則からいきますと、Extreme Events プロジェクトはいくかの問題の組み合わせ、つまり行動心理学的な問題などの社会的な問題、物理的な問題、数学的な問題、そして力学的な問題、統計学的な問題といったものを組み合わせたプロジェクトになるだろうと考えました。例えばこの統計の中でも Xevents という特定の学派になるわけですが、それが組み合わせられると思いました。この三角を見ていただきますと、先ほども申し上げましたが、この中に政策というものが入ってきます。IIASA というのは国際応用システム分析という研究所ですから政策が入ってこなければなりません。したがってピラミッドにしました。

私たちが研究の対象として最も考えなければならないものは、実はこのピラミッドの中にあります。つまりこの 4 つのドメインの中で出てくる UI の内容がこのプロジェクトの対象になります。この話はまたあとで詳述しますが、このダイヤグラムは、私たちのプロジェクトは行動心理学であり、数学演算であり、統計学であり、政策分析であるということです。実際我々が直面する問題に対して我々は答えを出すべきであって、学術的に学者が考えた問題を解こうとするものではないということです。

では、どういったテーマがこの Extreme Events では考えられるでしょうか。まず予測のため早期警戒システムなどをつくろうとするとき、例えば何らかの Xevents が、または予測できないような問題が起こり得るかもしれないという警戒情報をどうやって出すことができるかということ。それからまた予測。これは anticipation とはちょっと違うと思い

ます。Forecasting にはどちらかというと予想するというニュアンスが入ってきます。

それからトレンド分析。これは私見ですが、このトレンドというのはとても重要だと思います。一般に申し上げて、Xevents というのは、または Xevents を定義するというのは、あるトレンドがあって、それが反対方向に向かう瞬間、つまり今まさにそのトレンドが変わろうとするターニングポイントを見つけることが一番重要だと私は考えています。

例えば未来予測をする場合、私は多くの未来学者と知己を得ていますが、彼らが未来を予測するときに、「明日はちょうど今日と同じようなもんだよ、少しよくなるか、少し悪くなるけれど、それは今のトレンドが上昇傾向か下降傾向かによりますね」というようなことを言うとしたら、それは常に正しいというところが興味深いところです。

しかし一方、これはまったく使いものになりません。なぜなら未来学者であっても今のトレンドがそのまま継続すると予測できるわけではないからです。そうではなく本当の知識、本当の情報というのは、実はこのターニングポイントなのです。つまり今のトレンドがいつ終わるのか、大体いつ頃今のトレンドが終わると予測できるかどうかが一番重要なところです。今のトレンドから次のトレンドに変換する地点が非常にシャープな点になるはずで、徐々にカーブを描いていくのではなく、ピークをいったん経て、それからグッと変わっていくというような Xevents が、ここで起こり得る可能性があるわけです。

したがって未来学者に対してお金を払う必要はありません。未来を予測して、明日は今日とちょっと違うだけ、少しいいか、少し悪いだけというのはまったく情報がないわけです。つまり情報の価値がまったくないもの、無知な者に対してお金を払うべきではないわけです。そうではなくクリティカル・ポイントがどこなのか、今のトレンドが転換する点はどこなのかということを予測できるものにお金を払わなければならないわけです。この方法論が私たちのプロジェクトの中の 1 つで、そのため、いくつかあとで説明しますが、どこでターニングポイントが起きるのかを見るためのツールを開発しました。

もう 1 つ、エージェントに基づくシミュレーションによって、私の言うところの「欠けているデータを生成する」というものです。Xevents を検討するに当たって、まず Xevents は稀なため、一般にそれに関するデータが乏しいのです。時系列的に見て、無作為にある時点を選んでみます。そうすると確率的にその時点において Xevents がある可能性、あるいはトレンドが 1 つの転換点に差し掛かる確率はおそらくゼロです。ということは、ある時点を選ぶといつも、ほとんどそれはいわゆるクリティカル・ポイントではなく、何か通常の状況が続くポイントであるわけです。

つまりこの Xevents に関してはデータがあまりないということであり、その結果、統計学において皆さんがご存じのツールはあまり役に立たないと言えます。統計的な手法を使おうと思えば必ずいつもデータが、しかも膨大なデータが必要になります。たくさんのデータがなければ問題です。そこでどうするか。データがなければどうしますか。

例えば今まで一度も起こったことのないことをどうやって研究するのでしょうか。1 つの研究のやり方は、自分のコンピューターの中で電子的な形で、言ってみれば実世界のコピーをつくるのです。そしてその中で実験を行います。コンピューターの世界の中で、コンピューターゲームのようなものですが、例えばこうしたらどうなるか、こうしたら Xevents が起こるかという形でデータをそこから生成するというやり方があります。しかしそのデータはいわゆる実世界から得られたデータとは違います。

しかしこのコンピューターの世界は言ってみれば実験室のようなものであって、コント

ロールされた環境で反復性と再現性のある世界の中で、皆さんが神様の役割としていろいろな実験を行って、何らかのおかしなこと、何か極端なことが起こったときの情報を生成し、収集することができます。こういったエージェントベースのシミュレーションが開発されたことも、私どものこれまでの成果の 1 つです。

では方法論的な観点からどんな手法があるのでしょうか。どういったものを使って、予測や予想に関する問題に対処できるのでしょうか。まずは時系列的な異常性あるいはシナリオを策定するといったようなことが書かれていますが、これは特に政策策定、意思決定を行う上でも重要です。つまりありとあらゆるシナリオを想定し、基本的には起こり得る将来の世界というのを考えるのです。2010 年、2050 年、いつでもいいのですが、そのときの世界を想定し、そういったシナリオをつくるためには何らかの想像力も必要になります。

小説を書いているようなものです。SF を書いていると考えてみてください。まだ存在しないけれど、もしかしたら存在するかもしれない世界を考えて、そこでのストーリーを組み立てる。言ってみれば、それは新しい世界の一部として出てきうるものです。これもまたデータがまったくない状況に対処する方法です。今までに起こったことのない事象について語ろうとするとき、あるいはあまりにもその頻度が稀であるために統計が使えないのでシナリオをつくるわけです。

おそらくここにいらっしゃる皆様は何らかの形でこういったシナリオ作成に関わったことがあると思いますが、よいシナリオとはどういうものでしょうか。例えば将来に関しての洞察を与えてくれるもので、基本的には今日の状況が将来に向けてそのまま当てはまると考えるのではなく、例えば何か驚くべき事象が起こるような世界を考えてみよう、あるいは予想されていないことが起こったら、それによってどのように変わってくるのかを考えるのです。ゲーム・チェンジャーと呼んでいるものですが、これによって、今日何をすべきかというような考え方はまったく変わってしまいます。

つまり今日のトレンドをそのまま外挿していくのではなく、まったく外れたような世界における状況を考えるとき、またこれをコンピューターコードに変換して、こういった世界をコンピューターの中で作り上げることもできます。先ほど申し上げましたが、そこで実験をするわけです。系統立った形で、そして制御された科学的な実験を行って、こういったシナリオを用いていくのです。そういったことを実際フィンランドの組織との私どものプロジェクトでやりました。

こういったツールだけではなく、このスライドに載っているもの以外にもいくつかあります。最後から 2 個目。例えば金融の波形（ウェーブ・パターン）で社会的な事象を予測するというものですが、これは後半で例をいくつかご紹介したいと思っています。私自身が取り組んでいるものでもあります。

これは飛ばしましょう。すでにお話をした内容ですので。「未知の未知」。どうやってデータがない中で統計的な解析を行うのかということです。

さて、それではいくつか皆様に問題提起をしたいと思います。私は、研究をしようと思ったらまず問題がなければならないと強く信じています。つまり問題があればそれに対して答えを見出そうとするわけであり、そして研究プログラム、研究活動の方向性は、どうやってこの問題に答えるか、答えはどのようなものになってくるのか、そしてもしその答えが分かったときに、どうやって認識するのか、本当に答えが出てきたというのはどうや

って分かるのかといったことに向かっています。私どものプロジェクトにおいては誰もが大きな問題を抱えています。それを検討しようとしているのです。

例を 3 つご紹介します。最初のものです。これはアイルランドの私の友人、スコット・リカードから出てきたものでした。複雑適応系システムラボラトリーというダブリン大学の研究所の人ですが、情報ネットワークに関してこんな問題提起をしました。インターネットのようなものを考えてみてください。まず背景として、我々は同じ情報に対して瞬時にアクセスします。これがフラットな世界の不安定性というものです。

この事実の結果として何が生まれるか。個々の活動、行為は決して独立したものでありません。むしろお互いに依存し合っていて、私が今日何をすべきかということに対して影響を与えているのはほかの人たちの行為なのです。つまり自分が独立したエージェントとして行為をしているのではなく、周りの人たちの大きな影響を受けているということです。スコットの問題提起はここにあります。

グループの中におけるどのような結合的なパターン、構造があるために「群れ」の精神構造が生まれるのかということです。つまり基本的にグループ思考とも呼ばれるものです。例えばお互いにバラバラでつながっていなくて、誰からも情報がもらえないのではあれば群れは生まれません。それは当然なことです。これは極端な状況です。一方で、その対極として全員がすべての人とつながっていれば必ずや群れが生まれます。誰もが同じグループに所属するという極端な状況です。

もちろん実世界においてはその両極のどちらでもなくて、その間に位置しています。お互いに一部の人とつながっていて、直接、間接にいろんな人とつながっています。しかしつながっていない人たちもたくさんいるという状況です。そうすると、どういった結合的なパターン、構造があるために群れの行動が生まれるのかということです。もちろんこれは Xevents ということにも影響を持っています。つまり群れをつくる行動というのは大きく転換して、その結果突如として社会的な行動あるいは社会的な行為が革命的なものとなります。つまりそれは集団の中で群れというものがある情報に基づいて生まれるからです。これもとてもいいものです。

これは重要インフラストラクチャーの問題に関わっています。インフラには安定性あるいは脆弱性というのがあって、例えば電力、水、食料、電気通信、運輸、交通といったシステムはすべてインフラであり、我々が依拠し、毎日の生活を工業社会の中で行う基盤となるものです。

しかし例えば 1 つのよい例を考えてみますと、こういう議論ができます。すべてのインフラは、金、資材、情報をある 1 ヵ所から別の場所に動かすシステムと捉えることができます。例えば交通システムでは車が動き、インターネットの場合は東京からニューヨーク、ウィーン、またロンドンからサンパウロ、オークランドへと、ネットワークを介して情報が動き回ります。必ずしも人が動くわけではないけれども運ぶということに関して共通です。

よって、きちんとした理論を立てられれば、システムの振る舞いが破壊され、断絶され、その効果が減少するというシステムの脆弱性は、それぞれのインフラを個別に調査しなくてもいいわけです。電力、通信、情報のそれぞれシステムを別物として調べなくても、ある 1 つのシステム、運搬システムを見ればいいのです。情報システムや通信網に対して運搬システムで分かったものを適用すればいい。これがシステム理論というものです。

すなわち共通要素はある 1 つの系統システムの中で違うように見えても実は同じであるということで、これは同型（isomorphic）と数学者が呼ぶものです。すなわち同じシステムの共通項があって、そしてそれが実際に機能するときに違ったように見えるというものです。これは個人的に気に入っているもので、さまざまなエビデンスが挙がってきています。すなわち我々が目にする社会的な事象は、いろいろな人の相互作用、例えば選挙の結果や、映画やファッションの流行、あるいは政局が変わる、政変が起こる、何か勢力や権力の構造が大きく変わるといったものですが、こういった事象が累積すると、最終的な事象が起こりそうであるかあまり起こりそうでないというのは、実はこの社会が将来に対してどういう意識を持っているかということによってバイアスが掛かると言うのです。

例えば将来に対して今日よりも明日のほうがいいと楽観しているような人たちが集まっていると、この中で起こる事象は、将来に対して悲観し否定的な人たちの間で起こる事象とは大きく異なります。これがソーシャル・ムード（社会的な気分）というものです。

これを 1 つの仮説として捉え、ソーシャル・ムードによって事象の特徴が変わると、そのソーシャル・ムードはどのように測定しあるいは特徴付ければいいのか。これを測定し使うことによって未来予測ができるのか。何か具体的な形でなくても、例えば高いのか、低いのか、天気予報のような形でその尤度を予報ができるのか。あるいは、ある時間や期間を経て起こり得る確率や尤度について占うことができるのか、あとで例を示しながら見ていきたいと思います。

いくつかここは飛ばしながら進めていきたいと思います。この図ですが、絵的に描いてみました。何枚か前のスライドをまとめてみたものです。研究領域とさまざまな活動テーマです。ここでは話をする必要は無いと思うのですが、エネルギー、通信などといういくつかのテーマの応用です。つまり Xevents がいろいろな形で発生する、起こり得るわけです。もう余白がなくなって書ききれないのですが、下のほうにもたくさんあると思っていただければと思います。

Xevents は人間の生活、人生のあらゆるところで起こり得るということです。こういった Xevents が起こらないところは、人間の生活においてはないのだと言い換えることもできます。ここでもそれほど議論は必要ないと思います。いずれにしてもお手元の資料にありますので。

我々の研究所の 2010 年以降のプログラムです。この活動はまだ揺籃期であると申し上げました。組織的にもまだ 1 年未満の部隊です。よってこれまでの活動の大半は、私と数人の同僚が世界中の人たちに、我々が何をやっているかということをお伝えして、そして最も重要なのはいろんな人にそこから関わっていただきたいという活動でした。皆さんも含めて、我々の協力者を求めたいのです。IIASA は小さな研究所です。Xevents そのものは大きなテーマ、トピックになっていますので、我々のような小さな研究所は一部なりの判断はできても全体の判断はできないと思っています。やはり外部との連携協力がなくては無理だと思っています。研究所をはじめ世界中のいろいろな機関や組織と一緒に共同作業をし、対話をし、そして共通の関心事や利益のあるところを探っていきたいと思っています。そこに我々の研究所の存在意義があると思っています。

我々の研究所をいわばこの共同事業を行うための中心的なセンターとして考えていますが、あくまでも調整役です。フィンランドの政府や企業といろいろな活動が進んでいますが、そのグループに加わっているのはスコットランドやシンガポールの研究者グループで

す。できれば日本からも連携協力ができるような人たちに加わっていただければと思います。こういった活動を共同でできることが我々にとっては重要ですし、今後願わくば、この全体的なテーマに皆さんがそれぞれの専門分野あるいは関心領域をもってプロジェクトに参加していただければと思います。

日本はいずれにしても国として我々の研究所を支援していただいていますが、シンガポールはそういう状況ではないので、国として支援していただいている日本からの参加を望んでいます。このような最終目的を持って日本に参りました。

さて、Extreme Events は方法論をめぐる活動ですが、政策が常に我々の視野に入っています。政策は我々の全体的な活動の重要な一部です。政策の分析などを行う場合、具体的な文脈（コンテクスト）の中で、例えば地政学的な影響、政策を立案する上でのステークホルダー（利害関係者）やプレーヤーへの影響とバランス、経済効果とそれを実現するための政策など、いくつか注目すべき問題があります。これらを最終的には政策の分析にもつなげていきたいと思っています。

いくつかの例を示しておきたいと思います。ピーク・オイルの問題があります。いろいろな人たちが最近、石油の総量は地球上で有限であり、さらに重要なことに、我々はすでに使用可能な量の半分を抽出しどんどん枯渇していると指摘しています。安く掘削できる部分の半分を抽出したため、残り半分を今から手に入れるためにはもっとコストが掛かる、もっと大変な思いをしなければならない、ということが正しい前提であれば、エネルギー政策はどうなるのでしょうか。それは全くナンセンスなことで信じなくてもいいんだと言う人たちもいるわけですが、信じる人たちもいます。もしこれが正しいとしたら、今日エネルギー政策を策定していく上で考えなければならない問題がいくつかあります。

先ほど私が提供したいくつかの要素がここに入ってきます。例えばこの特定のピーク・オイルというテーマに対して、まずスコープ（scope）は地球規模になります。これはある特定の地域に限定されるものではなく、世界全体に影響を与えます。つまり地球温暖化と同じです。

それからまた地政学的な問題も出てきます。もしピーク・オイルというのが正しいのであれば、地政学的に考えて非常に大きな不協和が生まれることになります。特に、石油を持っている者と石油を手に入れることができる者との間の権力構造が大きく変わってくることになります。ですからピーク・オイルも Xevents という観点から考えることができます。

例えばこれまで予測をしなかったような事象が起きるとしたら、それはどの部分で発現してくるのか。そしてそれが政策とどう関連性があるのかということを考えていかなければなりません。

トピックを変えましょう。今度はソーシャル・ムードです。これを社会的な予測にどう使っていくのか。非常に極端な事象と極端でない事象の両方に使うため、ここでは 2 つの言葉を提唱しています。1 つは予測しなかった（unexpected）事象です。これは私がつくった言葉なのですが、予測しなかったものと驚く（surprising）事象ということの間には差があります。私にとって予測しなかったものとは、これまで起きたことがあるけれども、それほど頻度は多くなかったものという定義です。

例えば 100 年に一度の洪水など、定期的に起きるわけではないけれども、これまでに起こったことがあり、少しのデータはあるという事象です。

それに対して驚く事象というのは予測しなかった事象がもっと大きくなったものです。例えば宇宙人が突然攻撃してきたというような、これまでに確認することができず、ほとんど統計的な数字などのデータがないというタイプが驚く事象です。

中には、これは予測しなかった事象という程度のものではないかとおっしゃる方もいるかもしれませんが、予測しなかった事象と驚く事象との間の差、定義の間の境界線というのは実はちょっと曖昧で、白黒ではっきりとけりが付くものではありません。例えば色調の中には 256 のグレー・スケールがあるのですが、この予測しなかった事象と驚く事象との間にも 256 もの段階があるような感じです。

基本的にこれはすべて人為的な現象です。例えば世界で起きた金融危機もそうです。まだこれは完全には終焉していませんが、決して今回が最後というわけではありませんし、今回が初めてというわけではありません。繰り返されるものでしょう。いくつか政府が介入してステップを踏んできたわけですが、しかしながらこれから先もまた起こる。いつ起こるかがわからないのであって、起こるかどうかではないわけです。

それからまた、インターネットの問題があります。例えばインターネットがもしいま完全にクラッシュしてなくなってしまったら、例えば 10 分ではなくて 1 ヵ月間インターネットが使えなくなってしまったら、あなたの生活はどうなりますかと聞くと、「それはいいことだと思うよ、だってメッセージをいちいちみんなに送らなくていいし、ｅメールの返事を出さなくてもいいし」というふうに言う人もいます。でも私がさらに続けて「でも、もう銀行口座も見ることができないし、車も運転できなくなるんだよ、それでもいいですか」と聞きますと、「うーん、それはあまりよくないですね」という答えが返ってきます。

この中で特に驚くべきことは、インターネットによってほんの 20 年ぐらいの間に私たちの人生そのものに非常に大きな変化があったということです。インターネットが出てから 100 年経ったわけでありません。たった 25 年ぐらいのものです。ところがもしインターネットがここでクラッシュしてなくなってしまったら、25 年前の生活に戻るのではなく 2000 年前の生活に戻ってしまうことになり得るわけで、これは非常に甚大な Xevents ということになります。ツィッターがもうできない、というような話ではないわけです。

最後の例です。これもおもしろいですね。これは電磁波パルスです。知っている人はあまり多くないのですが、電磁波パルスがガンマ線領域において非常に強力な威力を発生するということに、1950 年代になるまで誰も気付いていませんでした。電磁波パルスは実は大気圏中の核兵器と関連しており、これによって超小型回路をすべてショートさせて破壊してしまう威力を持っています。

1950 年代はまだ大気圏中で核実験をしていましたが、1962 年に南太平洋で核実験が行われ、ここで発生した電磁波パルスが、何千マイルも離れているホノルルの街灯などを全部消してしまいました。その当時は、これはどういう現象なのだろうかという興味を引き起こしただけだったのですが、今日ではそのような話では済まなくなりました。なぜならば、当時は原始的な真空管が主流で電気回路はあまりなく、今よりもショートしにくかったのです。

1950 年代は、例えば半導体を完全に溶解するためにはもっと強いパルスが必要だったのですが、今日は状況が違います。大気中 10 マイルぐらいの高さでカンザス州の真上で核兵器が爆発したとすると、米国全体の超小型回路は全部瞬時に溶解してしまいます。そうすると道路上のほとんどの車はそこで停止してしまい、監視されていないコンピューターは

瞬時にクラッシュしてしまいます。インターネットが長期的にダウンするかどうかという話はこの状況に比べたらずっといいほうで、人は殺さなくても国全体のインフラをすべてダメにしてしまう、非常に強力なテロ兵器だという話になるでしょう。これはこれまで起きたことがないわけですが、その理由としてそれはまず核兵器を手に入れることが難しいというのが 1 つ挙げられます。持っていたとしても、それを大気中 10 マイル上まで持って行ってそれを爆発させることは困難です。

しかしこれに対して完全な抑止力が働くわけではありません。私自身、いま書いている本の重要インフラに関する章で電磁波パルスについて言及しています。これは非常に恐ろしい発見でした。例えば今日インターネットにアクセスして検索してみると、インターネット上に、普通の商店に行って、普通のワイヤーや部品などで、電磁波パルス発生器を自分でつくることができる設計図があるわけです。核兵器はもう必要ありません。

また大気中 10 マイルまで上昇する必要はありません。ある丘の上で電磁波パルスを発生させれば、国全体のインフラを破壊することはできませんが、ある 1 つの都市ぐらいはクラッシュさせることができます。しかも、それをつくるのに掛かるコストは 400 ドルぐらいで済むのです。

では、コストは安く、つくる方法にもアクセスすることができ、物理学的にも可能で、この部屋にいる人たちはたぶん誰でもつくることができるのに、なぜ電磁波パルスがこれまで使われなかったのでしょうか。私はたぶんこれから先いつかこれが使われ、新聞の記事になる日が来ると思います。これは驚く事象または Xevents ということになるでしょう。

将来のシナリオとして Xevents の話をするとき、例えば 2050 年にもし電磁波パルスが発生させられたとしたらどうなるか、考える余地は大きくあるでしょう。もちろんそれは場所にもよります。ロンドンやニューヨークで爆発させれば恐ろしいことになるでしょう。オマハで発生した場合とはまったく異なります。

どちらにしても完全にこれは可能性のあることで、すでに起きたことと言ってもいいと思います。ただこれは意図的に発生させたことではなく、たまたま核実験によって 1960 年代に起きたことです。今は大気圏中で核実験をする人はもういませんので、今はないということもあり得るかもしれませんが、まったくないわけではありません。驚く事象の例として、例外はいくつか挙げられます。これまであった驚く事象は決して SF の話ではなく、科学的にも事実としてもあり、もう一度起こる可能性もあります。

このようにさまざまな概念として複雑系理論に関して示していますが、Xevents という文脈の中で、いかに、いつ、どういった形でこういった事象が起こり得るかということを検討する必要があります。

これはインターネットの写真ですが、皆さんご覧になったことがあり、特に詳しいことを申し上げることもないかと思います。それから先ほど転換点ということを申し上げましたのでこの絵を含めておきました。これは私が言わんとしたことを絵で示しものです。横軸が時間、そして何らかの時系列データを自分が持っていたとします。例えば金融マーケットの平均でもかまいせません。どこにその臨界点、重要な点があるのか、A、B、C とマークしておきました。今日の傾向がどういうものであれ変化した点です。

A では上向きに転換したもので、B は逆です。C はちょっと興味深くて、踊り場、横ばいになっています。数学的にはどれも変曲点と呼ばれていますが、A と B は、ある意味で安定しており、物は動いたけれども性質は変わっていません。しかし C は恣意的にちょっ

とした摂動を起こすことで不安定な変曲点になり得ます。

実際のシステムにおいて、こういった変曲点というものは本来予想されていないのですが、しかし先ほど申し上げましたように、このような時系列の中でどこか好きなポイントを無作為に選んでみてください。必ずこの A、B、C ではなくて何か違うところを選ぶことになります。そうすると、それはこの点線の部分に当たります。点線の部分というのは、すなわちどこであろうとも次の瞬間、現状のままである。すなわち上向きか、あるいは下降か、ともかくそのトレンドがそのまま追従されているという状況です。

ですから関心があるのは A、B、C のポイントであり、もしこれに関心があって、あと残りの部分の曲線を埋めたければ、もうそれは実線を引けばいいわけです。これは数学的なものであって、決して印象派の絵でもなく、いわゆる特異性の理論と言われているものです。すなわち、変曲点は全体の構造の特徴であって、自分がどこにいるかは分からないわけです。

さて、ソーシャル・ムードについてお話ししましょう。皆さんの中にはこのあとフォーサイトに関するフォーラムに参加される方がいるかもしれません。そこでも少し詳しいことを申し上げますので、ここでは簡単に述べておきます。言ってみれば午後の話の導入とも言えるものです。

先ほど私が問題提起したソーシャル・ムードは、どうやって測定すればよいのでしょうか。ある集団において、いかに人々の将来に対する気分、気持ち、行動が楽観的か、悲観的か、最も有益な測定方法は金融市場の指数を見ればいいという基本的な考え方があります。この指数の時系列変化がソーシャル・ムードを反映している理由は、第 1 に日経でもダウ・ジョーンズでもいいのですが、金融市場の指数は、人々が将来に対して自分の現金をかけているかどうかを表しているからです。

金融市場は、次の瞬間あるいは来月、来年どうなるか、人々の将来に対する賭け全てを 1 つの数字に合成して、価格の変動という形で表しているのです。つまりこれは人々の将来に対する気分の反映であり、社会的な環境を反映しています。

さまざまな問題がこの指数に関連して出てきます。例えばこれがどうやって社会全体の行動を反映しているのか、社会のごく一部である売買を表しているだけではないかと言われるかもしれません。表面上は確かに有意義な反対意見に問われるかもしれませんが、実はそうではないのです。あとで皆さんから質問を受けないようにその理由を説明します。

ドアの横に温度計がありますね。あの温度計はここの室温を測定していますが、この部屋にあるすべての分子の挙動を測定する必要はありません。この部屋の中のすべての分子の挙動を測定して部屋の温度を計算するのではなく、サンプルを抽出すればいいのです。これらの分子はお互いに相互作用があり、ごく一部のサンプルだけで、分子の挙動がこの部屋全体でどうなっているかを語るに十分なのです。

ですから私が熱力学の論文を書くとすれば、温度計はある場所における熱量を便利な形で測るものですから、その論文は実はむしろ力学に関するものであって熱そのものに関するものではありません。温度計は言ってみればソーシャル・ムードを測るものです。とレーダーの行動は直接価格の変動に影響を与えますが、彼らは社会と切り離されて売買しているわけではありません。家族や友人がいて、テレビも見るし、新聞も読む。そういった形で相互作用が生まれます。つまり社会のすべての人たちの間で相互作用が生まれ、その相互作用が彼らの取る行動に影響を与えるのです。

この先どうなるか、将来をどう考えるかという世界に対する見方は、ただ単に、ほかから切り離された個人の感情ではなくて、社会的な集団の中で、すべての情報、相互作用を合成したものなのです。ですから金融市場の平均というのはソーシャル・ムードをよく反映したものなのです。ほかにも例があるのでこのあとご紹介します。

国境が消失し、自由に人やお金や物やアイデアが流れるようになるグローバル化という現象についてここで語ってみたいと思います。これはとても広く支持を得ている考え方で、長い歴史を持っています。グローバル化は決して新しい現象ではなく、実は 19 世紀に端を発し、大きな波となり、今はむしろグローバル化の現在の波の終わりあたりに来ているのです。

このグラフに示しているように 1974 年に始まっています。この図はダウ・ジョーンズ平均ですが、世界の株式市場の動向を反映していると言っていいかと思います。世界全体の中でソーシャル・ムードを測ろうと思えば、世界の株式市場を最も近似する金融市場はニューヨーク株式市場であり、そのダウ・ジョーンズ平均を取るのがいいわけです。

いくつかここに数字や丸があると思いますが、それはちょっと無視してください。本題には関係ありません。重要なのは、この図の中にある、グローバル化へ向けてのマイルストーンとなるようなところのいくつかのマークです。80 年代半ばには、G8 が結成され、ニュージーランドが工業先進国の中で初めてグローバル化という考え方を真剣に取り入れ、国境を基本的に撤廃しました。

その後 NAFTA ができ、WTO がつくられました。これらはすべてグローバル化へ向かう重要なマイルストーンです。そしてお気づきかと思いますが、G8、NAFTA、中国の WTO 加盟などこれらのマイルストーンが発生した時期はほとんど、かなりポジティブなソーシャル・ムードの終わり頃です。例えば株式市場が大いに上昇していた頃、今日はすばらしい、明日はもっとすばらしい、と人々が未来に関して楽観的な期待を持っていた時期、そういった心理的な環境の中において起こり得る事象は、みんな一緒になろう、グローバル化をしよう、そしてほかの仲間を歓迎してハッピーになろう、といった事象です。

しかしソーシャル・ムードがマイナスに転じますと、株式市場が下げに転じます。今日の状況はよくない、明日はさらに悪いかもしれないと思ったとき、逆の動きが起こります。グローバル化をしよう、みんな一緒になろう、ではなくて、むしろ外国人を歓迎するよりも門戸を閉じ、地域に閉じこもろうとします。

ここでまず皆さんの目を引くのは、おそらく 1970 年代半ばから 2000 年までは基本的には、世界のソーシャル・ムードはいつもと言っていいほどほとんど右肩上がりだったということです。例えば 70 年代後半から 80 年代初めに掛けて、少しマイナスに転じたときもありますが、80 年代半ばからは右肩上がりに転じ 2000 年代に到達しています。そして突如として横ばいになっています。

この頃はどうだったのか、今までずっと右肩上がりだったのがなぜ横ばいになったのか、何が起こったのだろうか、と皆さん思われるでしょう。先ほどご覧いただいたように横ばいになり、このあとまた再度上昇に転じるのか、それとも下げに転じるのか。これこそがまさに変曲点であるわけです。どちらの場合にせよ、この踊り場は不安定で、永遠に続くわけではありません。つまり横ばいでずっと続くのではなく、上がるか下がるかのどちらかなのです。

30 年間にわたる月ごとの時系列で見ますと、グローバル化という現象は一夜にしてなっ

たのではなく、またその停滞期はむしろ長年掛かって発生したものです。ソーシャル・ムードを測定する尺度は、皆さんが見ているこの上昇とも一致し、この月別チャートが正しい方向を示しているのです。ダウ・ジョーンズの分刻みの変化を見ていくとあまりにも感覚が短すぎて、何十年にわたるような転換期を測定することはできません。しかし月別チャートではかなり状況をよく反映しています。2004 年あたりでこのグラフは終わっていますが、実際このあとどうなるのでしょうか。

これはスイスでヨーロッパの未来学者の学会の会合が開かれたときのものですが、そのときの私の講演タイトルは「グローバル化の上昇あるいは下降と衰退」でした。この図が示すように、この過程全体は現在かなり後半に来ていると思うわけですが、私が驚いたのは、世界中で何十ものタイトルに関して何百回も講義をしてきましたが、このスイスでの講演はおそらく最も人気がなかったもののいくつかに入ったということです。

その会議の参加者はこの過程は最悪だと、敵意、対立と言うよりも、かなり悲しみ、嫌がりました。集まっていた人々は決してビジネスマンとか政府の関係者ではなく、将来を展望し考える仕事である未来学者であるのに、この傾向は永遠に続いていくと思っていたのです。

これが今後どうなるのか、今この図に示すように、拡大するとこのように継続していくでしょう。これがこれまでの状況です。2007 年 10 月までは、このようにフラットな部分が少し長く持続し、今度は上昇に転じてきます。2005 年の終わりから 2007 年まで確かに継続しました。しかしこの傾向がだんだん途絶え、2007 年 10 月から転がり落ちるように下降してきました。今このぐらいのところまで戻ってきているかと思います。

我々はこの逆のマイナスのソーシャル・ムードのトレンドの初期段階に入っています。これはまったく無料で皆様にお伝えしますが、あと数年これは続くだろうと思っています。一夜にして展開するようなトレンドではありません。いわゆる回復というものが新聞で毎日のように記事になっていますが、私は回復しないと思っています。これはこの逆を行く小さなカウンターバランスのトレンドです。これがこの図から外れるところまで行くだろうと考えられ、我々は今日の段階でそれに備えて準備を整えなくてはいけないのです。

もう 1 枚図があります。これはダウ・ジョーンズ工業株価の名目の平均ですから、あくまでも新聞で語られる内容です。しかし、今度は金融的にこの指数を、紙幣ではなく金のオンスで測ると実は非常に変わってきます。1999 年にピークがあって、そしてまっすぐ下降してきました。これまで数ヶ月の動きを見てみますと、ほとんど見えないぐらい、これぐらい下がってきているのです。ただ、この資料の図には示していません。

数百件の似たような話があり、またいろいろな事象や事柄について語ったものがありますが、この『Mood Matters』はニューヨークで約 3 週間前に発刊されたばかりの本です。アマゾンで購入していただくこともできます。丸善に昨日行ってみたらありませんでした。これから入荷するかもしれませんが書店にはまだ並んでいないと思います。ソーシャル・ムードについても語っています。技術的な本ではなく、数学の一片もありません。いろいろな事象が描かれていて、今回の話題についても少し詳しく語っています。

日本の出版社と実は一昨日会うことができました。日本語版を出してくださるようです。おそらく 1 年後になるのではないかと思います。後ろにいる通訳のような人が翻訳してくれたとしても、これだけの分量ですから日本語にするには少し時間が掛かると思います。今のところはまだ英語版しかありませんが、英語版でもよければあります。いずれにして

も数週間で英語版が間違いなく日本にも届くと思います。
最後は宣伝になりましたが、皆様のご出席に感謝申し上げたいと思います。今朝お集まりいただきましたことを感謝いたします。では、ここから質疑応答に移りたいと思います。

有本　ご発表ありがとうございました。

質問者 1　質問が 2 つあります。おっしゃった活動は、例えばブラック・スワンとかホワイト・スワンといったような活動とも絡んでいるのでしょうか。もう 1 つの質問は、例えばリーマンショックといったようなものがありましたが、経済学者の？ムーベニーなどは、未曽有の予想しなかったものではなくて、いわば予想された事象であったと言いました。これもやはりデータを持って語ったわけですが、すでに大量のデータがあって、たくさんの注意喚起をしてきたのだが、その警告を無視したので危機になったのだというのですが、これに関して彼らの立場についてどう思われますか。

Casti　ご質問ありがとうございます。ナシーム・ニコラス・タレブの話をなさいました。彼も私のよい友人の 1 人で、アメリカで出した「Mood Matters」という本に、すぐれた本ですのですぐ読んでくださいという言葉を寄せてくれたのも彼でした。
ブラック・スワンという言葉を引用されましたが、これは予想不可能であると彼はきっぱりと述べています。私もそうだと思います。例えば物理的あるいは機械工学的に見ると予測できなかったある特定の事象の過去、現在、未来に関して、何らかのツールを開発し、何らかの信頼性を持って、一貫して予測できるということであれば別ですが、ただ私の本の中で書いているのは、何か予測できるとするならば、環境のいろいろな要素が組み合わされるということです。
例えばある事象が起こるような環境があった場合、何か障害があるとこの環境がどうなるかを予想することはできないけれども、例えば谷や山など氾濫域がある地形で、これはもちろん固定した環境ではなくて常に変化し得る環境ですが、その中で何か具体的な事象が起こるならば、ある観察不可能なものがきっかけとなって、それに続く一連の事象が起こっていくのです。
地形的に考えると、ピークを迎えるある環境があり、それがたとえ小さなものであっても断続的な乱れ（disturbance）によって、そこから谷に一気に落ちることがあります。ただ、その乱れの方向によってはこちらの谷、あるいはまったく別の場所に没落するかもしれません。その事象を引き起こすきっかけは予想できません。ただ、この谷というのは予測可能であるということです。
それから金融危機について予測可能であったという指摘についてですが、弱い意味で見るとそうかもしれません。以前にも金融危機が起こったわけですから、また起こるだろうという予想はできます。非常に簡略化して考えると、断続的な欲望と危機の間には関連がありますから、ある瞬間どちらかが制御されていればいいのですが、例えばもっとお金が欲しいなどの欲望が制御から外れるとクラッシュしてしまう。
そして欲望が制御されないと今度は危機が高まってクラッシュする。例えば欲望が高まると蓄積しますが、それは長年蓄積したものであって急に爆発するものではありません。しかし、すべてが外へ脱出しようと入口に集まって、蓄積するところではなく出口に殺到

することになると、そこでクラッシュが起こるのだと思います。

また、彼は今までもそういう予想ができたということで評判を取ってきた人ですから、別に特別な予測をしたということでも何でもなくて、このクラッシュは予測できたと言うことで、彼としてはその評判を保っているのだと思います。

グローバル化が今度はローカル化になるというわけですが、そういった予想をすることは別に難しいことではありません。長い歴史の過程で見たときに、断続的なものではない、ある一定のパターンが出てきます。そしてその理由もわかります。例えば今も政府などができるだけ早く動いて、いろいろな法規制とか制約を行おうとしています。

それによって社会的に少し悲観的な環境が生まれています。いま政府がどのような行動を取るのかによってソーシャル・ムードは大きく変わってしまいます。金融危機があると通常、政府はこういった緊縮傾向に向かうわけですが、しかし人の記憶は非常に短くて、それを忘れてしまうとまた経済は拡大していくわけです。つまり欲望が拡大し、それによってだんだん気持ちが緩くなり、また規制緩和が起こり、緩やかな政策に変わってきます。

このような緩和政策が取られ、例えばアメリカの銀行規制が緩くなっていくと、銀行がまるで投資機関、ほとんどカジノのようになってしまい、もう銀行として機能しなくなってしまうわけです。こういった現象はこれから先も起こります。どのような金融改革法が今採択されたとしても、10 年か 20 年すれば必ず規制緩和がまた起きてきます。そうするともう一度人々の欲望が高まって、そして次のクラッシュに向かうというサイクルになっていくわけです。

ここで一番興味深いのは、次にいつそれが起こるのかというタイミングです。マクロ経済のトレンドで見ていくと、今の状況はある程度のところで収縮し、いつの日かこれが横ばいになっていくわけですが、ソーシャル・ムードはその 1 つの先行指標となり得ることを、私はこの本の中で書いています。

質問者 2　JST 研究開発戦略センターから参りました。現在ウィーンの研究所ではどこかと協力して進めているのですか。

Casti　いや、現時点ではありません。だから私はここに来たのです。

質問者 2　2 番目の質問ですが、どういうふうにその方法論の検証をなさるのでしょうか。つまり特定の事象を予測するのは難しいとおっしゃいましたが、特定の事象を予測することなしに、実際にこの方法論を検証することはできるのでしょうか。

Casti　今の質問を正しく理解したいのですが、検証するというのは、いま申し上げたようなことを検証するということでしょうか。それとも一般的な方法の話ですか。

質問者 2　先生が行っていらっしゃるプロジェクトです。つまり極端な事象を予測するための方法です。

Casti　それにどういうふうに答えるかちょっと決めかねていたのは、私には 2 つの役割があるからです。私はこのプロジェクト全体の代表でもあるのですが、個人的にも、いま

お話したような、こういった事象の研究をやっているからです。ではまず質問に答えましょう。どのような方法を我々が開発したとしても、例えば日本で政治的な大きな変化が2015 年 1 月 7 日に起きて、そして現政権は次のこういった政権によって駆逐されるということを予測するわけではありません。そういったことをやっているわけではないのです。

もしそのような予測ができる方法論があり、またそれは常に非常に確率が高いと言う人がいたとしたら、私はかなりそれを疑うと思います。ある特定の事象が起きるということは、実は進化生物論学者が言っているようにチャンスと必然性の組み合わせだと思います。ここで、必然性とはこういった事象が起こる社会的環境です。

サッカーの試合を考えてください。サッカーの試合はサッカーのスタジアムで行われるわけです。そこに選手がいて、ボールを投げて試合をするわけですが、特定の選手の動きは決して予測できるものではありません。またはその選手の事象そのものを予測することはできません。なぜならそれは非常に不安定だからです。そしてまた同時に、そのスタジアムの環境も何が起きるかということに大きく影響を与えます。例えば地面が濡れている、乾いていて非常に試合がしやすいという状況や風が強いといった環境が、選手によっては影響を受ける可能性が出てくるわけです。

したがって環境が経時的にどのように変わっていくのか、またその環境が事象とその特性に対してどのようなバイアスを掛けるのか見ることになります。例えば天気予報を考えてください。今日の東京の風速や気温、湿度を計測して、物理学的、気象学的に考えていくつもの明日の天気予報を理論的に出すことができるでしょう。いろんな可能性が考えられますが、それらの確率は同様ではありません。例えば明日の雨の降る確率が 60％と新聞で読むわけですが、これは可能性です。まったく同じ値が出たとしても 1 月と 7 月では違います。

何が起きるか常に正確に予測することはできません。だからこそ天気予報も評判が悪いわけです。いつも間違っていると言われるのも、環境が同じであったとしても異なる事象が起こりうるような特定の事象を予測しようとするからです。そういう答えになります。

質問者 3　コメント 1 つ、質問 1 つです。コメントからまず申し上げます。人間の社会における極端な事象に関するプレゼンテーションを大変興味深く聞かせていただきました。私は 5 年以内に中国で極端な事象が起きるのではないかと予測しています。多くの人たちは中国共産党が現在の状況にきちんと対処するため、そのようなことは起きないと言うのですが、私自身は中国がきちんと対処することはできないと思うのです。こういった極端な事象が近隣諸国において起きるかどうか、ぜひ知りたいというのが私のコメントです。

次に質問です。ここにいる日本の科学技術担当者たちは、グローバル化が進み、20 世紀型の経済成長はこれで終わったのだというふうに感じているのですが、科学技術政策はこれから先どのようになるでしょうか。

Casti　まずコメントに関してですが、中国での Xevents の可能性に私は 100％同意します。今日中国について考えている人たちは、実は 1980 年代のソビエト連邦について関心を持っていた人たちと非常に似ています。このシステムは永遠に続くと言っていたのに実際はほんの数週間で崩壊してしまいました。これも非常に短い期間で起きた事象は今日でもその結果が続いているという Xevents の非常によい例です。

2 番目の質問は、何を私がお薦めするかということですが、少し付加的なコンサルテーションになりますよ。一般的に申し上げれば、タイミングにもよりますし、来年の話ではなく 10 年とか 20 年ぐらいの話をしていらっしゃるのだと思いますが、どのような世界の中で事象は起ころうとしているのか、社会が機能していくための環境にきちんと注意を払うべきだということです。今日私がやることができるとしたら、この世界の中で科学技術政策に関わる事象を見て、どこに投資をすれば、この世界の環境の中で 2020 年に最も大きな見返りを得るのか、考えていかなければならないのです。

これは、ウィーンでフィンランドのために検討したものです。私たちのコンソーシアムがフィンランドの業界と政府と一緒に協力しており、彼らからその質問をされたのです。2020 年に世界がどのような環境になっているか、2 つの大きな産業に影響を与えるか、彼らは興味を持っており、知りたかったわけです。

これは科学技術政策ではなくて、フィンランドの主要な産業である林業です。大手企業であるノキアは私たちのコンソーシアムのパートナーの 1 社ですが、この分野に非常に興味を持っています。これは決して秘密でも何でもありませんが、彼らは携帯電話ビジネスに対して、これから先、スマートフォンなどアップルがつくっているもの、BlackBerry のようなものに凌駕されるのではないかという懸念を非常に抱いているのです。

皆さんはノキアと言うと携帯電話を思い浮かべるかもしれませんが、実はこの会社はもともとゴム靴をつくっていました。フィンランドの濡れた森の中を歩いていくための雨靴をつくっていて、そのあと自転車のタイヤに切り替えました。そのあともエレクトロニクスの登場にあわせて、ビジネスプランを劇的に変えてしまいました。これまでの事業との関連性はまったくなく、会社として劇的に変えなければならないため変えたわけです。全社をこれまでとはまったく違う方向性に賭けて大きな勝者となった彼らを私は非常に尊敬しています。

今この会社は、これから先まったく新しい事業を展開すべきか検討しています。携帯電話の改善や将来のエレクトロニクスに対して自分たちの将来を賭けるのではなく、新しい産業に対して自分たちの会社を変貌させていくにはどうしたらいいかということを考えています。こういったことを考える会社はあまりありません。新しい世界を活用しようと考える会社がないわけではありませんが、ノキアのようなところは稀です。

まず自分たちの環境を考えて、2020 年にどういう環境になるか理解できれば、それに対して洞察を加え、自分たちがぴったりとはまるすき間を見つけ、それに向けて行動を取っていこうと考えたわけです。もしかしたら間違っているかもしれません。そうなったら会社としては大きな損失になりますが、自分たちが変わらなければ、それもやはり損失になるわけですから、どちらにせよ判断を誤ったとしてもそれほど大きな損失にならないことをやっているわけです。そういったことを日本に対してもアドバイスしたいと思います。

質問者 4　Casti 先生のスライドの中にポリシー・フレームというものがあるのですが、なぜこれらの項目を列挙されたのでしょうか。

それからポリシー・プライオリティのところで、科学技術もあるのですが、特に resilience というのは非常に重要なキーワードではないかと思います。そのあたりについて先生のお考えをお聞きしたいと思います。

Casti　なぜ私がほかの項目ではなくこれらの項目を列挙したのかというと、私自身がこのような政策分析を意思決定者ために行った過去の経験上、常に必ず対応しなければいけない項目だったからです。もちろんこのリストがすべてというわけではありませんが、優れた政策解析を行う場合の最重要項目の一部ではないかと考えました。しかし、ピーク・オイルのような具体的な特定の例に関して、さらにその文脈に当てはまる追加的な要素があり、それらをこのリストに入れるべきかもしれません。

しかし一般に、政策を立案しようと思えば、グローバルかローカルか、短期的か長期的か、あるいは経済学的、地政学的な側面といった要素は必ずと言っていいほど常にその検討に入ってきます。言ってみれば 1 つの章のタイトルになるようなものです。

2 つ目のご質問について。特にこのスライドはちょっと変わっています。スクリーンのほうが、色が付いているからいいかもしれません。resilience（強靭性）と anticipation（予測）の色を変え、しかも大文字にしたのはなぜかと言うと、できればほかのものと混同されることがないようにと考えたからです。

つまり単に同類のものとして列挙するのではなく、たまたま私がこれをつくったときにこれが出てきたということではなく、むしろ予想できない驚愕すべきいろいろな事象について、それを anticipate（予測）し理解する過程が resilient（強靭）であるという、システム理論的な考え方や概念が、すべての政策の検討の中に浸透していかなければいけないのです。

政策分析においても重要なのは、たとえ予期せざる未知の事象が起ころうとも、実施される政策がいかにこれからも効果的に機能できるシステムを維持するにはどうしたらよいのか、そのためには政策に対して影響を与えるどのような事象が、具体的でなくても起こり得るのか、予測することだからです。言ってみれば、そういった極端な事象を管理する能力ということになりますか。

通常 resilience と anticipation といった文言は、個人の能力（capability）を意味すると思うのです。resilience という言葉は基本的には、たとえ予期せざることを経験したとしても、効果的な機能を発揮し続けることができるということを指します。これを hedging と金融分野の人たちは言っています。

例えばこれから円安になるだろうと考えたら、そういった立場を取りつつ、その予測は間違っているかもしれないので、2 つ目の立場に保険を掛けることを、hedging と金融の世界では言っています。これはシステム理論においては、不確実性における resilience あるいは robustness（堅牢性）といった言葉を使います。

つまり最適化や効率化を図るがあまり、あるピークにおいては機能するけれども、前提をほんの少しでも間違えるとクラッシュしてしまうというものではなく、ショックや予期せぬ事象が起こってもあまり変化しない、平坦なところに乗っているようなシステムを編成する。つまりそういったものを resilience というイメージで思い浮かべるわけです。よろしいでしょうか。

質問者 5　ソーシャル・ムードの件についてお尋ねします。ソーシャル・ムードがいま長期的トレンドとして低下傾向にある、非常に低い状態にあるというのは、例えば日本の今の状況を取っても、来年度予算を人件費も含めて 10％切ってくれなど、ソーシャル・ムードはそれほどポジティブにはなれない状況になっています。一方で、例えば私も今年イ

ンドとか中国に行きましたが、ソーシャル・ムードはまだアグレッシブというか高いのではないかと思います。人口の伸びと経済的な伸びで、いま新興国と呼ばれるところについてはソーシャル・ムードが非常に高いのではないかという意識を持っています。最後から 2 つ目に、今後長期的にはソーシャル・ムードもそんなに高まらないという予測の図が出てきましたが、これは国によって状況が違うのではないかと感じるのです。そこの点についてはどうお考えですか。

Casti　ご質問、本当にありがとうございます。これは意図的にしていただいた質問ではありません。実際よくこういった質問を受けるのです。まずこちらはグローバル化に関して示しました。このソーシャル・ムード、あるいはソシオメーターと言ってもいいのですが、ソーシャル・ムードのメーターというのは株式市場の指数だと申しました。ここでは日本の日経を使わなかったのですが、午後のプレゼンテーションでは用意しています。かつての黄金期と比べて、伸びているわけでも大きく落ちこんでいるわけでもなく、ただ大変狭い範囲でせいぜい振れているという横ばい、それが長期的に続いているということが、まさにおっしゃったことを反映していると思います。横ばいで、停滞し、ほとんど変わらず、小さな変化しか起こっていないのです。

一方、上海の指数を見てみましょう。こちらは爆発的に右肩上がりです。大きく下がったところもありますが、この図と同じ時期を見れば、基調は休みなく右肩上がりで、将来に対する楽観的な見方が長年、少なくともこの 10 年、20 年にわたって続いています。確かに様相がまったく違い、おっしゃった通り国によって大きく違うことを反映しています。私個人あるいはあなた個人の印象ではなく、確かに中国などの国は楽観的であり、日本はそれほど楽観的ではないという証拠です。

金融市場は特に先進国においては相関が高いと言われていますが、必ずしも考えているほど高くはありません。例えばここにアメリカのソーシャル・ムードが示されていますが、日経ではこんなふうになっていません。日本は 80 年代、90 年代にかけてずっと横ばいでした。今もあまり大きな回復基調には立っていないようです。これが大きな懸念となっているし、なるべきだと思います。しかしソーシャル・ムードに何が影響を与えるか、どうやってソーシャル・ムードをもう一度盛り上げることができるか、どうしたらこの国を再起させることができるのか、それこそが最も重要な日本における政策的な課題なのです。

ソーシャル・ムードがどういった形で生成されるかはわかりませんが、しかしどういった過程で生まれ、変わるのか、それに対する一貫した答えは考えられないと思います。つまり社会工学をやったからといって、社会システムがどういうものであり、どのように機能するのかわからなければ、その応用の仕方もありません。ですからいろいろ想像を働かせるしかないわけです。そこでいろんな人たちが、いろんなことを無作為に行っています。

そして、ときとして前進の徴候が見られても、また消失してしまう。それは何らかの装置の配線図を理解しようとしているようなもので、中身を見ることもなくいろいろと入力をしてみて、何が出てくるかというのを試しているようなものです。そうなるともうこれは科学ではありません。想像と芸術の組み合わせと言うべきものだと思います。

日本のソーシャル・ムードを直すといった神の啓示は与えられません。ただ、ずっと同じく永続していくこともないわけで、またプラスのムードに変わることもあるでしょう。外部からの何らかの衝撃よりも、内部的に生成された過程でよって、十分な数の人たちが

将来に対してマイナスの見方をしているのですから、まず底を打つか、そうでなければ、もうこれ以上悪くなると言う人がいなくならないと、浮揚しないと思います。そしてソーシャル・ムードもずっと浮揚し続けることはないのです。

ただマイナス成長やゼロ成長の可能性もあるわけですが、これは中国でも起こり得ることです。もしかしたら日本よりも劇的なクラッシュが起こるかもしれませんし、むしろ、影響がだんだんとにじみ出て長期的に低下し侵食されていくかもしれません。Extreme Events でも、急激な衝撃というよりもおそらく低速なもので、回復も同じように非常に緩やかではないかと思います。

質問者 4　Casti 先生のこういう方法論を、会社の経営戦略や科学技術政策も含めて公共政策と結び付けるためには、シナリオ・プランニングのように、いくつかのシナリオを持った上で resilient に適宜事象に対応しなければ、せっかくの Casti 先生の方法論が単なる anticipation になり、本を読むだけということになり、実社会にうまく結び付かないという気が非常にするのです。おそらくフィンランド政府との契約でやられたこともそういう問題意識によることではないかと思います。そのあたりを教えていただきたいと思います。

Casti　ありがとうございます。おっしゃる通りです。つまり理論的な概念、あるいはシナリオなどいろいろな手段、方法によって開発していったとしても、それを政策化するには専門家以外にもきちんと理解してもらい、実施してもらうことがなければ実になりません。実際の方法論も実行されなければ意味がないわけです。

フィンランドの研究に関してですが、フィンランド政府との契約ではなく、フィンランドの企業や法人との契約、合意です。それぞれ関心分野は異なり、国家としての関心事項と言うよりも、もっと一般的な関心事項ことです。林業関係のコンソーシアム、企業の肝心事項はノキアの関心事項とはもちろん違います。政府・官公庁関係は技術的なイノベーションに関心があり、ノキアや林業関係の企業の関心事項とは違います。

その中でまず我々は、貿易や政府が取り得るさまざまなマクロ経済レベルでの行動など実社会を反映した人工的な世界をつくり出そうとしています。というのは、このような現象によってほとんどの組織や国民が影響を受けると考えたからです。

フィンランドは小さな国ではありますが、フィンランドのためにやった研究ですからフィンランドをあえて世界の貿易に関与する主要な国家の中に取り込んで、フィンランドを含めた世界的なマクロ経済の貿易モデルをつくりました。そしてフィンランドの影響は、つくり出す影響や貿易を行うことによる規模よりも、影響を被るほうが大きいと考えました。

モデルとしてつくったので、今度はそれを利用することになりますが、モデルの中の世界に組み込まれるいろいろな組織、例えばノキアが別の事業を行ったらフィンランドの貿易収支や活動にどういう影響が出てくるのか、これに関しては取り組んでいる最中で、ツールについてはすでに出来上がりましたが、まだ分析が終わっていません。先ほど望遠鏡をつくるという話をしましたが、鏡面を削ったり磨いたりして望遠鏡ができたので、過去は見ずにこれを使って今度は未来を見ましょうというわけです。望遠鏡はできたけれども、これを使ってまだ見ていないというのが私どもの研究の実情です。

質問者 6　お話ありがとうございました。1 つ方法論的な質問があります。先生のお考えや説明は、分岐ダイナミック・システムあるいは differential location の理論に則っているのではないかと思いました。ノイズ、あるいは摂動、変動に関する見方をお聞きしたいと思います。私の研究は決定論的理論とモデル化で確率論的理論とは異なります。先生の理論の中でノイズはどのように解釈されているでしょうか。あるいは変動（fluctuation）についてどう解釈されているでしょうか。

Casti　ノイズの役割をどう捉えるか。ノイズと不確実性は同じではありません。ダイナミック・モデルにおいては、実社会のいろいろな要素が明示的にモデルの中に組み込まれているのではなく、ノイズと言われる項を足すことによって残った情報をモデルの中に取り込もうとするか、あるいは引き出された情報を取り込もうとしているということです。我々の Extreme Events に関するプロジェクトでやろうとしていることは、特異点理論以外のダイナミック・システム、つまりコンピューターモデルではあるのですが、ただ数学的なモデルではないものです。

ですから分岐現象は起こるのですが、分岐させているわけではありません。モデルのパラメータで決定的に重要な領域があって、例えばノブをいじることによって変曲点を調整する、あるシステムがひっくり返ると新しい状態に入る、といったことが起こり得ます。それが分岐点となり、Extreme Events となって、そこからある状態からまったく異なる状態への遷移（transition）が起こるということだと思います。

ただ、これに関してはダイナミック・システム理論の中ですでにきちんと研究されていると思います。その成果を我々の設問に対して該当性があると思えば使います。ただ、この方法論そのものは我々の研究のテーマあるいは中心的課題とはなっていません。よろしいでしょうか。

司会　それではこれで終わりたいと思います。我々が普段考えていないような話題がいろいろとありまして、非常に刺激的だったのではないかと思います。それでは皆さんで最後に拍手をしたいと思います。よろしくお願いします。

Extreme Events in Human Society

John Casti
IIASA
Vienna, Austria

What is an Xevent, Anyway?

The Conventional Wisdom

- **Short time duration**
- **Rare**
- **Catastrophic**

The Xevents View

- **Unfolding time (UT)**
- **Impact time (IT)**
- **Rare**
- **Good or bad**

The Xevents Indicator

$X = 1\text{-}UT/(UT + IT)$, $UT < IT$

UT large, IT small $\Rightarrow X = 0$, not an Xevent

UT small, IT large $\Rightarrow X \approx 1$, Xevent, usually bad, but . . .

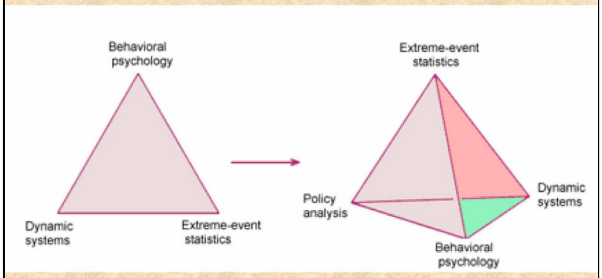
UT small, IT small $\Rightarrow X = 0\text{-}0.5$, modest Xevent, possibly good or bad

UT large, IT large $\Rightarrow X = 0.5$, Xevent, usually good

Examples of X

- ***Force 5 Hurricane on Miami Beach:*** *UT* short, *IT* much longer $\Rightarrow X = 1$ (catastrophe)
- ***Force 5 Hurricane over the Caribbean Sea:*** $IT = 0 \Rightarrow X = 0$ (non-event)
- ***Post WWII German "Economic Miracle":*** $UT \approx 5$ years, $IT \approx 25$ years $\Rightarrow X = 0.83$ (Xevent, but good because UT relatively long!)
- ***Development of Agriculture:*** $UT \approx$ 8,000 years, $IT \approx 4{,}000$ years—and still growing $\Rightarrow X = 0.33$ (not yet an Xevent because *UT* larger than *IT*—but *IT* getting larger!)

Research Tetrahedron



Themes for Xevents Research

- **Anticipation**
  Horizon scanning
  Early-warning signals
- **Forecasting**
  Likelihood of unlikely events
  Theory of surprise
- **Trends**
  How to find "turning points"
- **Extreme Risk Analysis**
  How social mood biases events
  New forms of insurance
- **Modeling**
  Agent-based simulation to generate "missing" data

Xevents Methodologies

- Time-series anomalies (early-warning signals)
- Scenario development (i.e., imagination!)
- Agent-based simulations (implications of scenarios)
- Catastrophe theory (identification of turning points)
- Stress-matrix analysis (early-warning signals)
- Financial wave patterns (forecasting societal events)
- Pattern recognition techniques such as extreme statistics, neural nets, and the like (foresight)

Unknown Unknowns

Problem: How do you do statistical analysis when you have NO data?

Solution: You create the data!

How-I: Go out and look for it in the real world

How-II: Create an "artificial" world in your computer and do experiments there to generate the "missing" data

Prototype Questions-I

Flat-World Instability

(Scott Rickard-CASL, UCD)

We all have access to the same information, instantaneously. As a result, independence of individual actions does not hold, giving rise to herd mentality, clustering and booms and busts.

Question: What connective patterns within a group and what properties of the individual group members in regard to their susceptibility to being influenced by the media and others gives rise to "phase transitions" in the herding patterns?

Prototype Questions-II

Failure Modes in Transportation Networks

The flow of people, money, goods, and/or information is a necessary part of human life. But networks fail for all sorts of reasons.

Question: How can we develop a taxonomy of failure modes for critical infrastructures like power grids, the Internet, global finance, telecommunication, food supply and transport? Are there common strategies for early warning of different types of failures in these infrastructures?

Prototype Questions-III

Social Mood and Collective Events

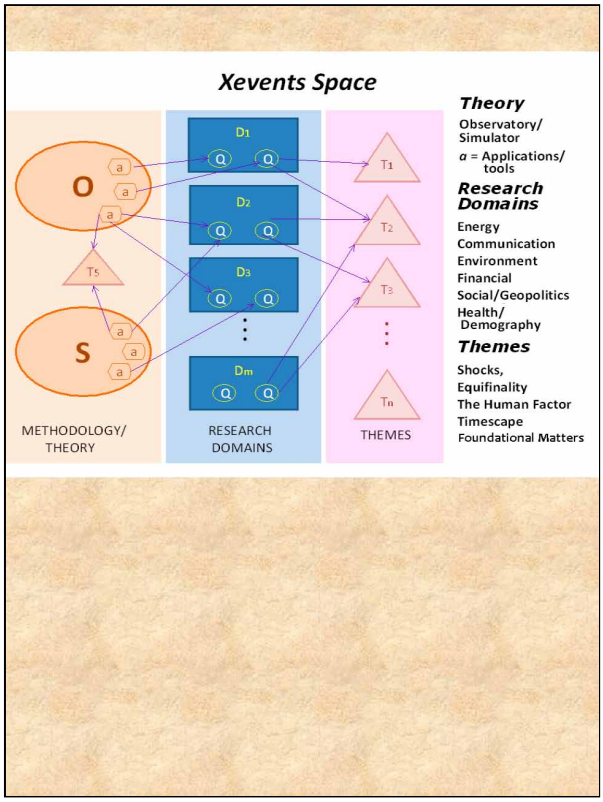
There is growing evidence that the beliefs a population has about the future–optimistic (positive social mood) or pessimistic (negative mood)–strongly bias the qualitative character of all types of collective events, ranging from the types of books or films that will be popular to the sorts of political ideologies that will be in vogue.

Question: How can social mood be measured? Can this measurement of mood be used as a "leading indicator" of what to expect by way of events over different time frames?

Xevents Project Space

Elaborations

July 21, 2010



Xevents Research Domains

- **Energy**—power grid failures; "peak" oil; solar power alternatives
- **Communication**—Internet crash(es); cell phone network failure; air-traffic control breakdown
- **Environment**—ecosystems collapse; global warming/cooling; fresh water supplies; agricultural failure
- **Financial**—global systemic "meltdown"; balance-of-payment imbalances; currency-rate volatility
- **Social and Geopolitical**—reconfiguration of political alliances; expansion of nuclear states; rise of non-state actors; growth of fundamentalist ideologies (e.g., religion, political extremism, . . .)
- **Health/Demography**—pandemics, break down of health systems, lifestyle drugs, genomics, synthetic biology

Xevent Research Themes

- **Shocks**—stability, bifurcations; phase transitions; catastrophes; adaptation; self-organization; emergence
- **Equifinality**—historical processes; contingent events (when do they matter?); attractors; trends
- **The Human Factor**—how the decision-making process impacts system behavior; social mood-to-social events; "expert" judgment
- **Timescape**—forecasting (predictions); anticipation; early-warning signals; "weak" signals
- **Foundational Matters**—what is an Xevent; system equivalence; time-series "anomalies"; connective structure in networks

Plan for IIASA Program (2010 and beyond)

- ***Focus***–what themes should/can we effectively undertake to study?
- ***People***–what groups and individuals can productively collaborate with us?
- ***Support***–what institutions, firms, agencies can support this activity intellectually and/or financially?

Policy Framework

- ***Scope***—how broad is the impact of the event
- ***Duration/Impact time***—*UT/IT*
- ***Economic impact***
- ***Geopolitical effect***
- ***Psychosocial disruption***
- ***Players***—who are the stakeholders
- ***Solutions***—general characteristics of possible solutions

Example: Peak Oil

- ***Scope:*** Global
- ***UT/IT:*** Rapid/forever
- ***Economics:*** Recession or depression
- ***Geopolitics:*** Disarray
- ***Psychosocial:*** Uncertainty leading to panic
- ***Players:*** All sectors
- ***Solutions:*** Technology breakthrough; increased efficiency

Peak Oil—Future? (2030-2050)

Dominant Themes

- ***Price volatility***
- ***Refining capacity***
- ***Transport costs***

Policy Priorities

- ***Environment***
- ***Energy***
- ***Science & Technology***
- ***Society***
- ***Economy***
- ***RESILIENCE***
- ***ANTICIPATION***
- ***Water***
- ***Food***
- ***Education***
- ***Population***
- ***Individual Independence***

Complex Systems and Technological Disruptions

The Unexpected vs. the Surprising

- ***Unexpected*** = extreme events–low data
- ***Surprising*** = "out-of-the-blue" events–(almost) ***no*** data

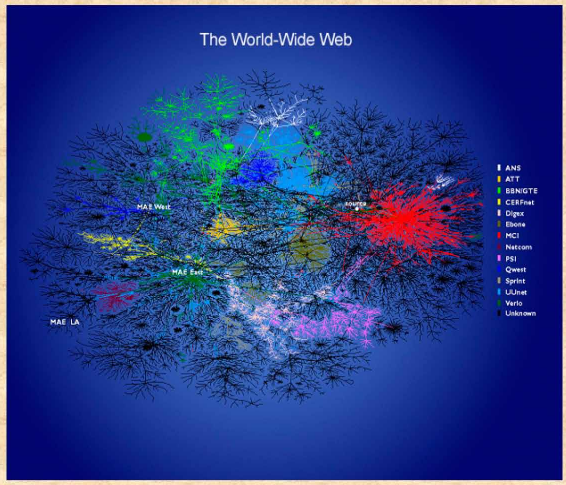
Surprises-Examples

- ***Global financial panic*** (Now!)
- ***Long-term "crash" of the Internet*** (Estonia 2007)
- ***Long-term disruption of electrical power grid*** (NYC 1977, Germany, Italy, France 2006)
- ***Failure of international air-traffic control system*** (LAX 2004)
- ***Electromagnetic pulse*** (Honolulu 1962)

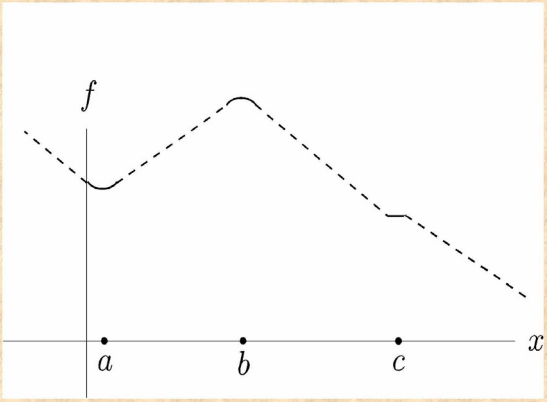
Surprises and Complex Systems

- *Networks/Connective structure*– cascade effects
- *Singularities*–changes of trend
- *Emergence*–changes in network structure
- *Centralized decision-making*–"brittle" systems
- *"Resilience"*–economic efficiency vs. robustness

Example: Networks



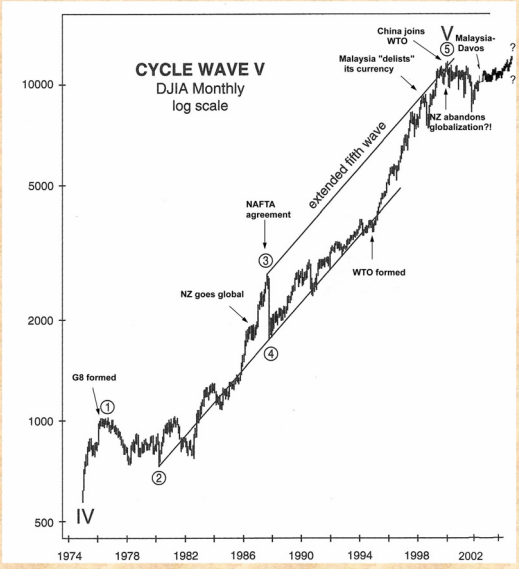
Example: Singularities



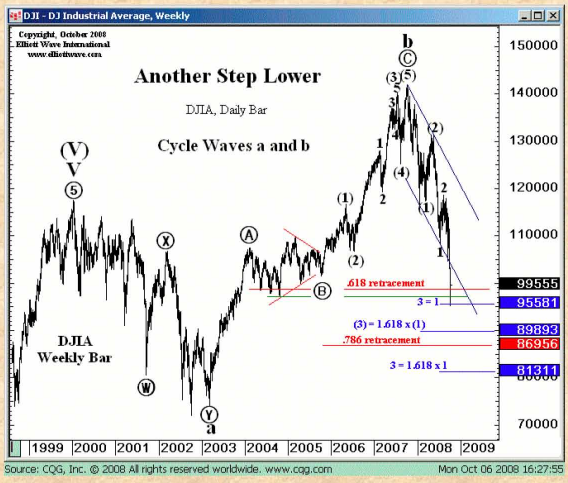
Toward a Theory of Surprise

- Forecast singularities
- Forecast “catastrophes”
- Forecast timing of events

Example I: End of Globalization?

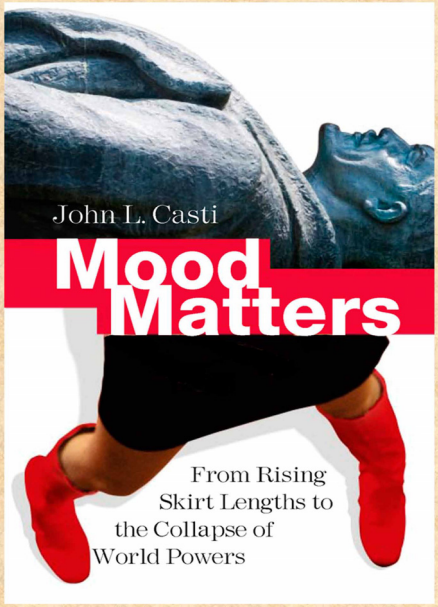


Example I (cont'd)



Now, a Word from Our Sponsor

(Copernicus Books, NY, June 2010)



■担当メンバー■

福田　佳也乃	フェロー	（環境技術ユニット）
治部　眞理	フェロー	（政策システム G-Tec ユニット）
嶋田　一義	フェロー	（電子情報通信ユニット）
有本　建男	上席フェロー	（電子情報通信ユニット）

※お問い合せ等は下記ユニットまでお願いします。

CRDS-FY2010-XR-13

JST-CRDS／NISTEP 共催講演会講演録

Extreme Events in Human Society

講師：John Casti 教授

IIASA プログラムリーダー、前サンタフェ研究所主任研究員

平成 22 年 10 月

独立行政法人科学技術振興機構　研究開発戦略センター

政策システム G-TeC ユニット

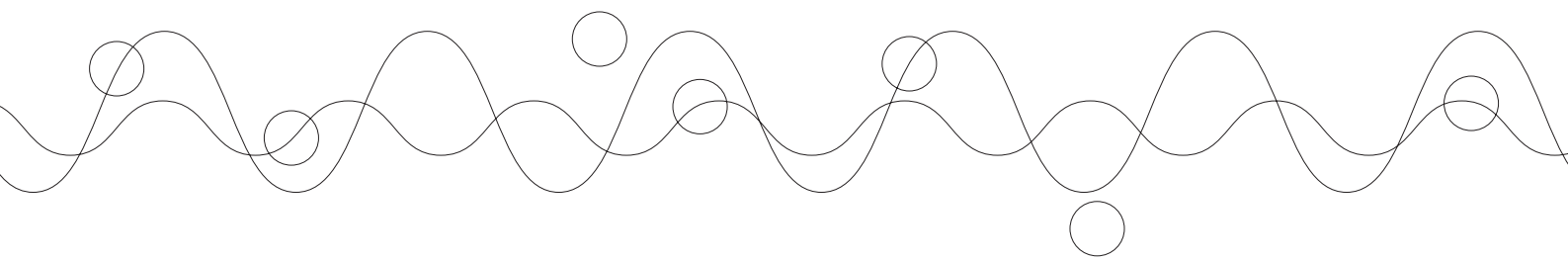
〒102-0084　東京都千代田区二番町 3 番地

電　　話　03-5214-7487

ファックス　03-5214-7385

http://crds.jst.go.jp/

@2010 JST/CRDS

許可無く複写／複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。