

本田財団レポート No.113

## 「ジオマティックスのすすめ」

カナダ ビクトリア大学社会学部地理学科教授（非常勤）

飯 坂 譲 二

## 講師略歴

### 飯坂 譲 二 (いいさか じょうじ)

カナダ ビクトリア大学社会学部地理学科教授 (非常勤)



#### 《略 歴》

- 1935年12月 東京生まれ
- 1959年 3月 立教大学理学部物理学卒業
- 1961年 3月 立教大学大学院理学研究科原子物理専攻修士課程卒業
- 1961年 4月 立教大学大学院理学研究科原子物理専攻博士課程在学
- 1964年11月 日本アイビーエム株式会社入社
- 1970年 日本 IBM 東京サイエンティフィック・センター主任研究員、主管研究員を歴任  
デジタル画像処理 (医用、金属組織、化学画像等) リモート・センシングの画像解析の研究
- 1975年 東京大学工学部非常勤講師、宇宙開発事業団客員開発部員
- 1982年 海洋科学技術センター嘱託、米国メリーランド州立メリーランド大学工学部客員
- 1983年 カナダ・リモートセンシング・センター客員研究員
- 1985年 1月 カナダ天然資源省カナダリモート・センシングセンター高等研究員  
リモート・センシング画像解析の自動化の研究
- 1997年 1月 カナダ天然資源省太平洋森林センター高等研究員 高等研究員リモート・セン  
シングを利用した森林に対する擾乱自動検出法の研究と地球環境観測を利用し  
たサステイナブル・ディベロップメントのプロジェクト開発
- 2001年 1月 ビクトリア大学社会学部地理学科教授  
引き続きリモート・センシング研究及び教育を続け、 現在に至る

#### 《受賞暦その他》

- 1) 経営情報開発協会研究奨励賞受賞「染色体画像のオンライン解析」(1972)
- 2) 金属組織学会組織画像コンテスト「金属組織のテクスチャ画像」佳作入選 (1979)
- 3) ニュース・ウィーク 1975年5月コンピュータ時代に向けた「Who's Who」に選ばれる。

#### 《主な著書》

- 『自動設計とグラフィックス』 大河出版 (株) 1971 (三重野博司 編共著)
- 『リモートセンシング』 キヤノン (株) 1974 (西尾元宏らと共著)
- 『リモートセンシング』 朝倉書店 1976 (和達清夫らと共著)
- 『宇宙からの目』 朝倉書店 1979 (編集幹事と共著者))
- 『画像解析』 共立出版 1981 (辻内順平編との共著)

Joji Iisaka, S. Ito, T. Fujisaki and Y. Takao, " A Compound Computer System for Image data Processing, A chapter of "Real Time /Parallel Computing" Plenum Publishing Co., New York, USA, 1981.

- 『宇宙から見た世界の農業 農業・食料の現在と未来を考える シリーズ 宇宙から地球を科学する』  
共立出版 1983 (内嶋善兵衛との共著)
- 『宇宙から見た世界の森林 さまざまな森林のかたちと変化をめぐって シリーズ 宇宙から地球を科学する』  
共立出版 1986 (辻井達一との共著)
- 『宇宙から見た世界の地理 地球環境と人間活動の総観 シリーズ 宇宙から地球を科学する』  
共立出版 1992 (前島郁雄との共著)
- 『合成開口レーダ画像ハンドブック』 朝倉書店 1998 (監修及び共著)

など、その他多数の著書があります。

このレポートは平成 17 年 12 月 15 日パレスホテルにおいて行われた第 96 回本田財団懇談会の講演の要旨をまとめたものです。

## 理論物理学から地理学者への転身

今回、縁あって本田財団のお招きでこのような大きな会で講演する機会を与您いただき、川島理事長はじめ皆様方に感謝申し上げます。お顔を拝見したところ、私が一番若造かなという気もしますが、年はともかくとして大変名誉なことだと思っております。

実はこの土曜日をもって、私は古希を迎えます。若い世代に早くバトンタッチしなければいけないとは思いつつ、今回、いろいろな学会、協会のお招きがあって、昨日、一昨日などは6時間の講義を2日ぶっ続けでやらされたという体力を持っております。古希という一つの節目もありますので、何とか店じまいに努力しなければいけないかなと思っております。そういう意味で、今日のこの機会は私にとって大変名誉ある機会だと思っております。本田財団の方々には心から感謝申し上げます次第です。

早速私の話をしてみたいと思います。私、実はバックグラウンドは物理学でございます。しかも、理論物理学というものをやりました。ところが、当時は理論物理学では飯が食えなくなった時代でございます。私より2~3年上までは、まだ新しい大学制度が出来たりしていろいろポジションがあったようでございますが、私の時は難しくなっておりました。

もう一つ、私がドクターコースにいた時、その頃、コンピュータの環境というのは良くなくて、ソロバンに始まり、計算尺、手回しのタイガーの計算機等々、古い計算機を経験していましたが、計算機競争に負けました。アメリカでは、大学院の学生たちが私が2年かかったような計算をわずか1か月位でやってしまうのです。そういう競争に負けてコンピュータとは何物だろうということに興味を持ち、それで止むを得ずというか、先を読んでコンピュータのほうに転身した訳です。

ところが、今、私は社会学部地理学科というような所におります。ですから、私を文科系の人間だと思われる方が多いのですが、実は中身は物理学をバックグラウンドに持っております。ピクトリア大学の地理学科自身は、その前は Science and Arts で、いわゆる科学技術学部という所に属していたのですが、組織変更があって Social Science に移っていた関係で、今、私は社会学部という文系の名前の中で地理学科という所に属している訳でございます。

その間、私は物理から始まって地理学科に至るまでには長い長いヒストリーがあるのですが、結局、いろいろ考えてみますと、物理を学んだ知識、コンピュータの経験というものを組み合わせて、今、抱えているいろいろな世界の問題、とくに地球環境について、私が一貫して持っているものの見方は、グローバルな問題とローカルな問題とは密接に関係していて、それを切り離して考えてはいけないんだということを追求するというところになっていると言えます。

Geography (地を描く学問) は今や宇宙規模に

前置きはともかくとして話を始めたいと思います。改めて申し上げるまでもないと思うのですが、Geography というのは地理学を表す英語であります。この言葉を良く見ますと、Geography というのは、geo と graphy という二つの言葉から成っています。これはつまりラテン語で言うと、「地」を「描く」という意味で、これが基本的な学問領域であった訳です。

日本の場合、地理学自身、今では必ずしもてはやされている学科でもありません。具体的には文科省の決まりで高校でも選択科目となり、取らなくても良いという形になって来ています。それについては私もそれで良いのかなという考えなのですが、何処を描くのか、何を描くのか、どのように描くのかというところを見てみますと、今までは、人の行ける所、人の見える所を描いていた。そして、何を描くかというと、人が見えるもの、人が理解出来るものというものが中心であった。地理 = 地図作り = 測量という範囲で限られていたのではないかと思うのです。 図 - 1

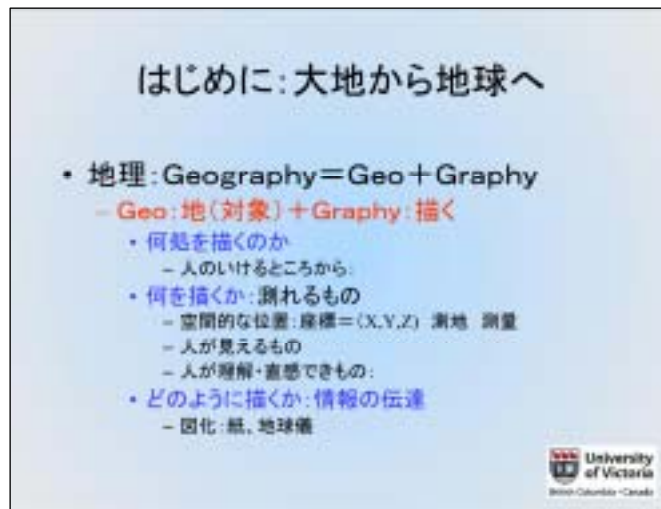


図-1. Geography = 地を描く学問

地図作りというのは、昔であれば人の行ける所、行けない所は探検隊を組織して南極探検をやったり、山奥を探検したりしてやって来た。そして、最初は人が行ける所に限られていたのが、そのうちに測る道具が発達して来て、飛行機などを使った航空測量とか、測量業というものになって来た。

図 - 2 は、日本の古地図から引っ張り出したものですが、これが一つの地を描くというものの成果だった訳です。



図-2. 伊能忠敬の作成した富士周辺の古地図(イブ・バイレ氏所蔵)

しかし、昔は地図自身は国家の主権であり、織田信長がキリスト教を禁止したのも、当時のミッションが持って行ってはいけない地図を船に積んで出航し、嵐のために戻ってきた船内で地図が見つかったことへの怒りが発端だと言われています。

ところが、今や人工衛星時代に入っています。そして、もう一つ大事なことは、地図を作る、測るという場合、その地図をどう使うかということは暗黙の内に了解されていた訳です。何処に何があるかということを知るんだという暗黙の了解があるということです。今、我々が抱えているいろいろな世界の問題、例えば環境問題というところから地球温暖化という話に行きますが、社会問題の根源が環境問題と関わりが多いということです。人が直接見えるものを描いていた問題とは離れて来ていると言えます。

### 空間利用の計画と維持のために地図を描く

もう一つは、何のために描くのかということです。従来の測量とか地図作りというのは、それを何に使うのか、何のために描くのかということについては、あまり幅広く追求されなくて、単に何か記述するという目的だけであった。基本的には我々が居住している大地、地表やその近傍に限らず未知の空間を理解するためということで、それも従来の探検とか踏査とかいうものではなく、宇宙の月がどうなっているか、金星がどうなっているかを描くのも、ある意味では未知なる所への好奇心で描きたいということだったろうと思うんです。それが今はもう少し幅広くなって来ている。

現在は何のために描くかということ、理解しなければならない範囲が拡大しているのです。従来の地図ですと、何処に何があるかということで、家がある、森がある、谷がある、岩があるということを示していた。しかし、今はそれだけの話ではなくて、地球全体にしる、我々の近隣にしる、理解しなければならない範囲が非常に大きくなって来ています。

もう一つ大事なことは、さらにその理解することを超えて、それをもう少し発展させると、空間利用の計画と維持をどうするかという問題になって来る訳です。「維持可能な開発」といった言葉がありますが、その計画無しにやっちゃって取り返しのつかないことが起きているケースが沢山ある訳です。

現代は空間の価値が変化してきています。地球自身、砂漠化が進み、水が涸れ、湖が無くなるというように、空間が変化しているだけでなく、それによった空間価値が変化して来ているのです。その一方で、そういう開発を含めた変化に対して維持可能な管理をどうして行くかということが問われている時代でもあります。それには空間の変動とか、変動の原因を模索し、さらに発展して変動の影響を予測して、出来ればネガティブな影響を回避出来ないまでも最小化し、利用を最大化することが望まれている訳です。

### 地球レベルの問題から日常生活までを把握する技術

開発を含めた地球の変動にどう対応するか。地球環境問題や、地域レベルの環境問題にどう対応するか。地球レベルの問題と日常生活や地域の空間との関係が密接になっているということもだんだん判って来ました。大げさに言いますと、今は生物の生存条件自体が変化し

ています。そこで、化学的、生物的、社会的な変動にどう対応するかということが問題になってまいります。

もちろん昔から領土、国土などに関連して空間の有無という問題はあります。ただ、空間の物理的な環境がどういうふうに変化しているのか。その影響がどうなのか。地球の温暖化というのは物理的な問題ですが、その上に立って空間の化学的な環境の変化というものが出ている訳です。

生物といえども化学的、物理的な環境の支援なしに生きられない訳ですから、その生物的な環境も、大きな植物とか、砂漠化という話だけでは無く、動物性プランクトン、植物性プランクトンなどの変動と影響というものを見ていく必要があると思うのです。その上に立って、人間は一部、空間の恩恵を受けている訳ですが、それもまた社会的な環境の変化として捉えて行かなければいけないと言えます。

経済というと、すぐモノを作って売ることが考えられますが、経済自体も、これからの環境が無視出来なくなっている訳です。そこには資源の有無もありますし、労働力もありますし、マーケット自身もそうですし、流通、購買力、それプラス技術力ということが、社会的なインパクトとして出て来ているのではないかと思います。

何処を描くかということ、地球規模も描かなければならないので、人工衛星、航空機などを使っている訳ですが、こういうものを使いますと広域をカバー出来るし、同時性をもってデータが収集出来るし、定期的を集められる。あるいは、場合によっては必要に応じてオンデマンドで取れる。プラットフォームも使えるようになっている訳です。

#### 地震の被害状況の検証からやがては地震予測も

航空測量というより、クラシカルな意味で航空写真がどうという話に近いものですが、現在、宇宙から地球がどの位見えるかと言いますと、大体この位の範囲を1枚で撮れて、今、私どもがいる丸の内のビルがこの辺になりますでしょうか。 図-3 は商用の衛星で高度700km 近い高さから撮ったデータです。

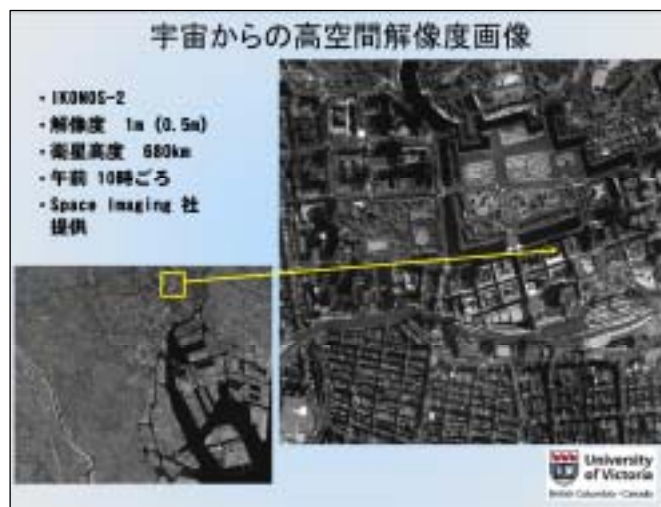


図-3. 衛星高度780Km から捉えた皇居近傍の画像 (IKONOS 画像©スペース・イメージング社)

これは 1m の解像度を持っているのですが、来年は 50cm 位のものが打ち上げられる予定になっています。

これは従来の航空写真と同じような感じである程度判る訳ですが、測るものが変わって来ています。 図 - 4~1 は、1980 年代にアメリカでレーダーを使って撮った画像です。

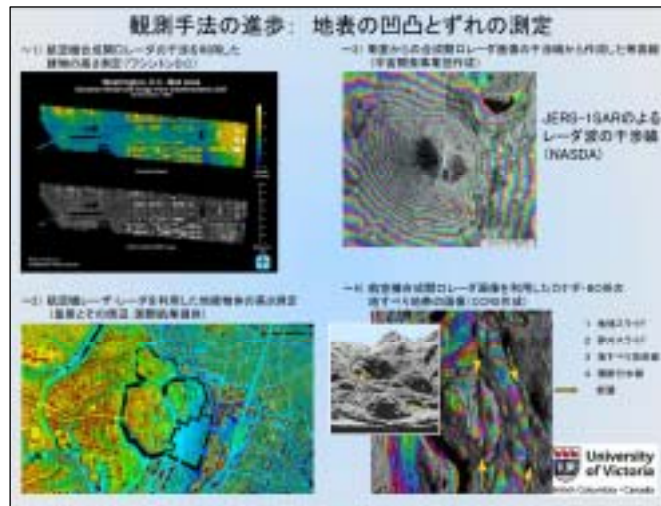


図-4. 観測手法の進歩

図 - 4~1 は、ワシントン DC を撮ったもので、この辺がスミソニアンでしょうか。これがリンカーンホール前のプールですが、こういうものが現在は撮れるようになっていきます。残念ながら、日本ではまだこういう技術が使えないでいるのですが、アメリカは既にこういうものを 1980 年代に撮っている。建物の高さもこういう形で判るようになっていきます。

図 - 4~2 は、レーザーを高度計から使った高さで、赤い方が高いのですが、我々がいる丸の内のビルはこの辺りです。木の高さなども判ります。

こういうような地球の凹凸を撮るということは非常に楽に出来るようになっていきますが、これは何のためにやるかということ、例えば地震が起きた時に、被害はどこでひどいかということが一目瞭然に判るのです。こういうデータを取っておきますと、どこの建物がひどく壊れているかというのが地震直後に把握出来る。従来の人間の目で測ったり、航空写真で測るといふのは、ちょっと違った技術でこういうものが出来るようになっていくということです。

それをさらに発展しますと、 図 - 4~3 はレーダーですが、衛星から観測した富士山の標高まで測れるようになります。 図 - 4~4 は、カナダのプリティッシュコロンビアの近くにありますが、地滑りの多い場所ですが、地滑り地区のどこで地滑りの可能性があるかということが判ります。最近はこのように標高の変化を時間を追って撮ることも出来ます。そういうことから、カリフォルニアの方では、マグニチュード 5 以上のものについては、地震の予測もほぼ出来るとしています。地球全体は何かの影響で絶えずうごめいている訳ですが、その動きを刻々と撮って行けるので、その変化から予測するらしいのですが、地震などもそういう形である程度予測できる可能性が出て来ているということが言えます。



## 東京のヒートアイランドと都市洪水の密接な関係

繰り返しになりますが、地球の環境問題というのは、ある意味では空間価値の変動にどう対応するかという問題になる訳です。砂漠化の問題、温暖化の問題、また、化学的な意味では、水の問題、大気の問題がどういうふうに動いて行くかということになる訳ですが、日本の場合は、空間の社会的な環境ということの中でランドスケープに対する考え方がやや後れていると思います。 図 - 5

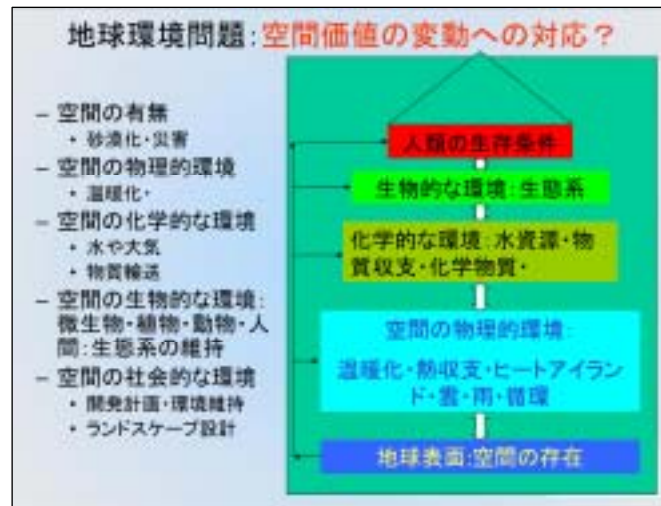


図-5. 空間価値の変動への対応

ランドスケープを「景観」と訳すと違った概念になるのでランドスケープのまま言いますが、国土のランドスケープをどうデザインするか、どう維持するかということが、一つの大きなテーマでありまして、ドイツやアメリカではかなり進んでいる技術です。

地球の表面の空間の存在から物理的な環境としては、温暖化、ヒートアイランドの問題、雲・雨の循環の問題、それに対して、水資源、とくにニュートリエント、栄養塩とか、汚染、化学物質の流れとかというものがあって、それに生物的環境がのっかっていて、人類の生存条件になっている訳ですが、こういうものの変化を撮っていく必要がある訳です。

2004年の夏、東京は酷暑に襲われました。図6は人工衛星テラに搭載されているMODISセンサー（中解像度映像化分光放射計）が観測した地表温度の画像です。 図 - 6~1、~2

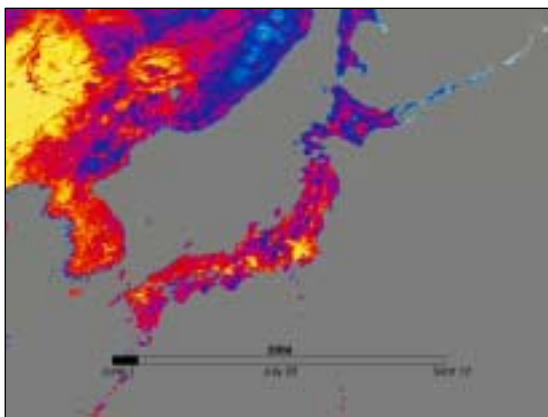


図-6~1. 2004年に日本を襲った猛暑:6月(左図)

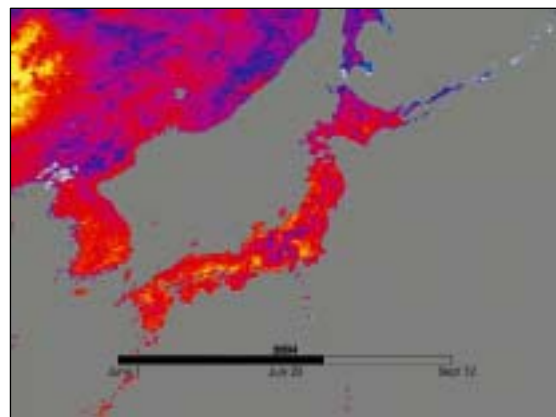


図-6~2. 8月(右図)との比較

2004年の夏東京は猛暑に見舞われた。この年は30℃を越える日の数とこのような暑い日が連続した日数が記録的となった年である。赤、オレンジ、黄色や白が温度の高いところ、青や紫はより低い温度を示す。8月末になると温度下がってきていることが示されている。この温度変化のアニメーションは以下の URL で表示できる。

[http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/natural\\_hazards\\_v2.php3?img\\_id=12264](http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/natural_hazards_v2.php3?img_id=12264)

特に東京で問題になっているのはヒートアイランドです。ヒートアイランドというのは、東京みたいな高密度都市の熱環境が変化し、都市気温が上昇したり、都市環境が悪化することです。特に今、問題になっているのは、局所的な集中豪雨が都市部に起きるかということです。要するに、高層ビルがあると上昇気流が出来て、それが上空に行くと冷えて雨が降るといのは常識の範囲ですが、今、どういうことが問題になっているかというと、東京の場合、特定の町だけに局所的に豪雨が襲い、他の場所は潤れている。雨の多い所は下水の排水能力を超えた雨が降るから、都市内の洪水が起こってしまうのです。

もちろん、ビル群があることによる熱収支の問題もありますが、もう一つ、ビルが高くなることによって風の流れが遅くなるということがあるのです。そうすると、暖まった空気が急激にずっと上に上がって、すぐ冷えてバシッと雨を降らす。 図-7~1、~2、~3



図-7. ~1 雲の発生



図-7. ~2 降雨



図-7. ~3 大気汚染による雨滴の変化

都市部で暖められた空気は上昇気流となり、上空で冷えて雲を形成する。(図-7~1)

上空の雲は流れがあると郊外に移動し、そこで雨を降らせる。(図-7~2)

都市の大気汚染があると雨滴の核が増加し、かつ、雨滴が大きくなり、空気の流れが停滞すると上昇気流が生じた都市部に局所的な雨を降らせる。(図-7~3)

図 - 7~4 は、別の人工衛星画像ですが、これでもお判りのように、丸の内のビルがだいぶ高くなっている。ここでは影がずいぶんありますが、横から見るとずいぶん凹凸が激しくなっていることを示しています。

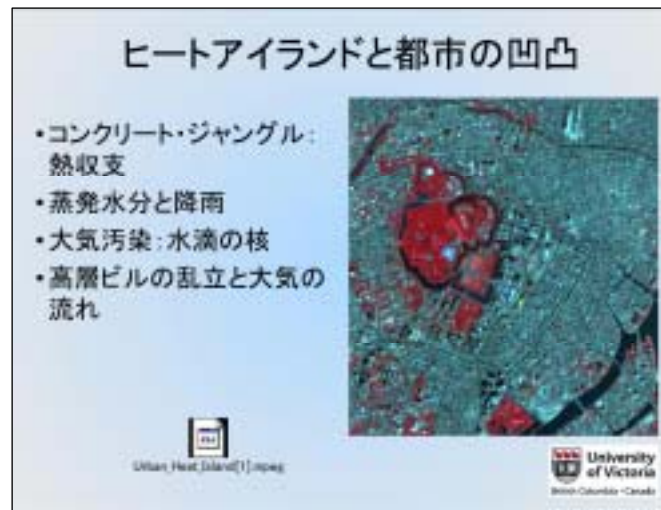


図-7. ~4 ヒートアイランドと都市の凹凸

さらに、東京の場合は堀を埋めてしまいましたから、昔は東京湾から吹いてきた風が川沿いに上って行ったものですが、そういう風が無くなってしまっている。そのために湿気を帯びた風が真上に行ってしまうだけで何の役にも立たない。それに、大気汚染がありますと、核の数が増えかつ雨滴が大きくなる。そこで雨が急激に地面に落ちる。そんなことで東京都内の局所的な洪水が起きるという事態が出て来ている訳です。

その他、温暖化や砂漠化など、いろいろな問題がありますが、北極や南極の氷がどういふふうに変化しているかというのも、今やアニメーションで見られるようになってきました。

図 - 8~1 図 - 8~2



図-8. ~1 水の循環

水循環のアニメーションの例は次のURLでみることができる。

<http://watercycle.gsfc.nasa.gov/>

大西洋の海面温度の上昇により、アマゾンの奥地に雨雲が届きにくくなることによって森林の砂漠化が危惧されている。

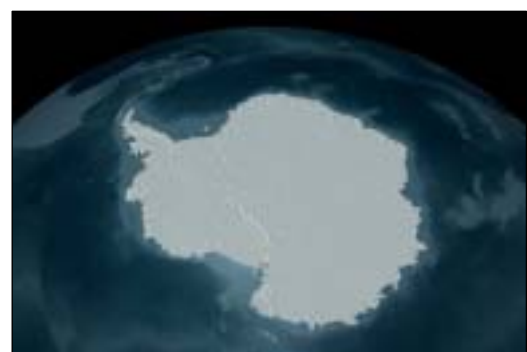


図-8. ~2 南極の氷の分布

衛星で観測した南極の氷の変化のアニメーションは次のURLでみることができる。

<http://nsidc.org/gallery/seaice/>

物理的な影響が生物に及ぼす多大な影響

今の洪水の話をもう少し広い地域まで広げますと、今年の 10 月にあったバングラディッシュの洪水なども関係して来ます。 図 - 9



図-9. バングラディッシュの洪水

化学的な意味ですと、今年の 10 月に、日本の新聞で北海道にウラジオストク辺りの煙が来て影響があるという話がありました。画像が見にくいと思いますが、やや赤くなっているのが火元です。 図 - 10



図-10. オホーツク海を渡る森林火災の煙

今の技術では火元まで判るのです。そのことを理解していない日本のある学者が、雲と煙の区別がつかないから判らないと言っていたのが新聞記事に載っていましたが、実は判るのです。火元と雲と煙の区別がきちんとつくのです。要するに、粒子の大きさの差や粒子の表面温度差を利用することによって判別可能となっています。

太陽光ですと、6000 度の表面温度で、0.5  $\mu$  位の光が一番強いのですが、地表ですと、大

体 30 度位の常温ですと、 $10\mu$  位の赤外線が来るのですが、火元がありますと、数百度の火元ですから、それは大体  $5\mu$  位の赤外線を観測すれば良いということです。それをちゃんと観測出来るようなことが出来て、火元がどこにあるかということまで判ります。

ここでお見せしているのは(図-11 左)はテラ衛星の MODIS が観測したアフリカの画像です。アフリカで焼畑農業も盛んです。火元が多数観測されています。(図 - 11 右上)の画像は、北半球の森林火災の発生数を示します。

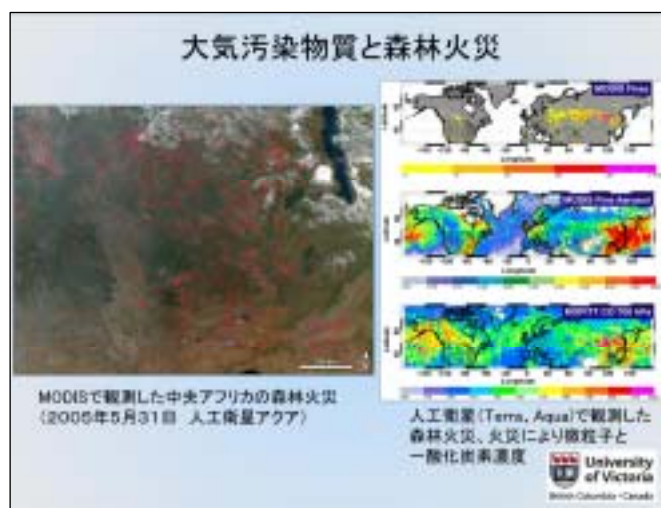


図-11. 大気汚染物質と森林火災

北米大陸もこの辺が発生しているのですが、真ん中の画像(図-11 右中)は、その中で細かい粒子がどれだけ、どういうふうに流れているかというのを観測している例であります。これで見ると、中国で発生した微粒子が日本を覆って太平洋を超え、カナダの辺りまで到達しているのです。

パーティクル(粒子)が細かいということはどういうことかと言うと、人間の目には見えなくても影響があり得るということです。一番大きな影響は、植物の葉が持っている呼吸するための気孔の孔を詰めてしまうことです。ですから、葉から蒸発能力や呼吸するための酸素を吸入するという所の機能が衰えてしまう。その影響が地球をグルッと回っていることが良くお判りいただけると思います。

もう一つは、火災ですから一酸化炭素を出す訳です。一酸化炭素がどういうふうに広がっているかと言うと、このスケールは濃度なんです、この辺から一酸化炭素の濃度の高いものが、日本を覆い、太平洋を越えてカナダまで来ている。モピット(MOPITT: Measurements Of Pollution In The Troposphere: 大気圏公害測定)というセンサーをカナダのトロント大学の研究者が開発して NASA の衛星に乗せているのですが、このようなものまで観測されるようになっています。

#### ヒマラヤに雪が少ないとインド洋のマグロが減る

こういう物理的な環境が化学的、生物学的な影響にどう変化を及ぼしているかというのを  
お見せしたいと思います。 図 - 12

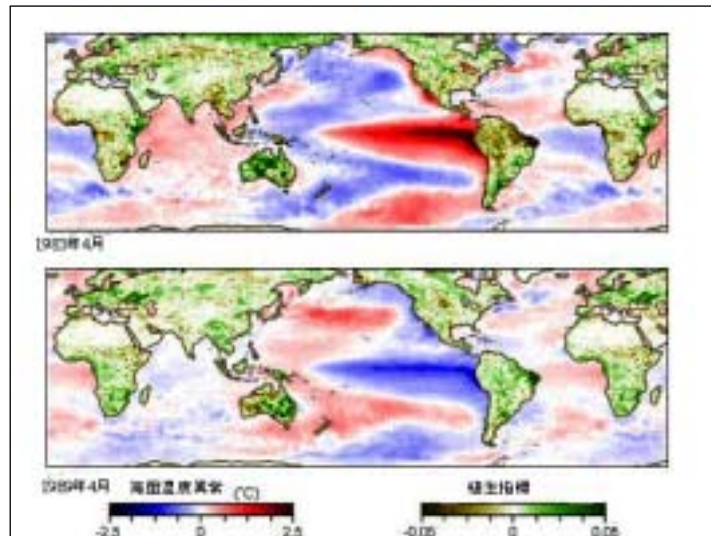


図-12. 海面温度の変化と陸地の植生変化

1983 年の強いエル・ニーニョ現象が南米北部に<sup>かんばつ</sup>旱魃をもたらしているのに対し、1989 年の大きなラ・ニーニャ現象が多量の雨をもたらしている。これに対応して陸地の植生は 1983 年は生育が悪く、1989 年には活性化している。(NASA)

以下の URL で海面温度の異常と陸地の植生変化のアニメーションを見ることができる。

[http://earthobservatory.nasa.gov/Laboratory/Datasets/sst\\_veg\\_anomalies.html](http://earthobservatory.nasa.gov/Laboratory/Datasets/sst_veg_anomalies.html)

この赤い所が海面温度の高い所です。緑の部分には植生がある所で、茶色の所が植生の少ないオーストラリアなどの部分です。

これは経年変化はどうかということで、1988 年から 90 年までのアニメーションがありますが、海面温度が変化すると、北米大陸の中の森林が増えたり、砂漠化が進んだりすることがあります。ですから、陸上だけやっていたら良いという訳ではなくて、海面の問題も関係しているということがお判りいただけると思います。

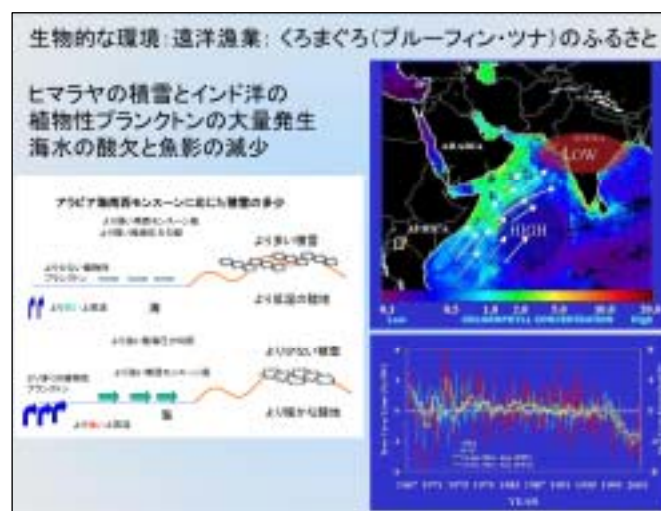


図-13. 物理的な環境から生物的な環境へ：  
ヒマラヤの積雪量の変化とインド洋の生物プランクトンの関係

私どもが日本へ帰ってくると、楽しみなのはマグロの寿司であります。これこそは日本ではなくては食べられないものです。マグロでも特に良いのは黒マグロで、黒マグロの故郷はインド洋です。そして、黒マグロとヒマラヤの積雪量には実は深い関係があるのです。ヒマラヤの積雪量は衛星画像を使って20年以上にわたって観測されていますが、最近、積雪量が減って来ており、これがインド洋のプランクトンの量に関係しているということが明らかになってきました。プランクトンが多すぎるとインド洋の水中が酸欠になり、プランクトンが死んでしまい、小魚が生息出来なくなり、結局はマグロも寄り付かないということです。

良く水産業界では乱獲を問題にしますが、魚が少なくなったのは乱獲だけによるものではなく、地球環境の変化が大きく影響しているのです。雪が少なくなって来ているというのは、実はインド洋からヒマラヤに向かう風が強くなるからであって、風が強くなるとプランクトンが増えるんです。増え過ぎると酸欠になって、そのために食物連鎖を通じて、マグロが減って来るということにつながるのです。ですから、短絡的に乱獲と結び付けられない問題がある。その原因は地球環境にあるかも知れない訳です。同じようなことは、他の漁場のクロロフィルの濃度の変化にも言えるようです。

#### 宇宙から農作物の化学分析が出来る時代

積雪量が増えたとか、減ったかという話は、目で見る事が出来る画像ですが、最近の傾向としては、宇宙から地表の諸オブジェクトの化学分析が出来るようになって来ています。 図 - 14

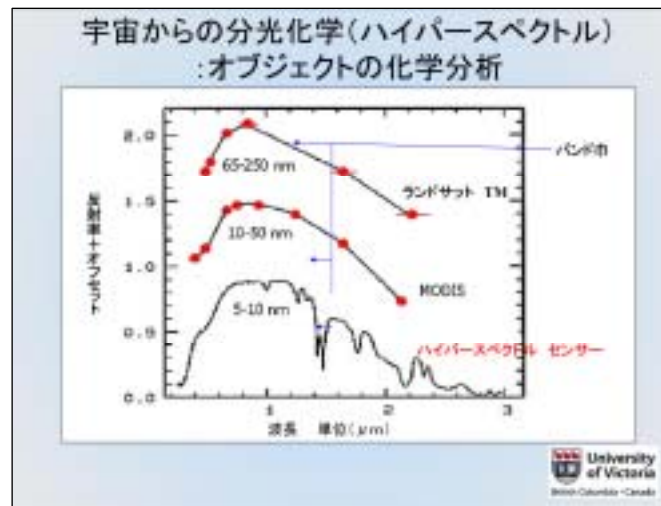


図-14. 宇宙からの分光化学

従来の宇宙からの多重分光センサー(ランドサット TM や MODIS)の観測。限られた数の波長域と広いバンド巾で観測しているため、細かな分光特性が得られ難いが、最近では 200 チャンネルを越え、バンド巾も 10nm で得られるようになっている。

これまでの地球観測の画像は地表を 10 バンド程度の波長域でしか観測していません。ですから、せっかく化学反応のスペクトラムがあっても、連続的に撮っていない。本当は細かい、いろいろなスペクトラムがあるのだけれども、サンプルが細かくないですから、細かい凹凸

を無視してしまって均して撮ってしまうというのが今まで問題だった訳ですが、現在は、ハイパースペクトルセンサーというものがありまして、100～200位のバンドで撮るということが実際にやられています。

つまり、それはどういうことかと言うと、化学で赤外スペクトラムスコーピーというのがありますが、それと全く同じ原理で宇宙から出来るようになってきているということです。それが出来るとどういうことが起こるかと言うと、カナダの例ですが、農作物の中に含まれているクロロフィルの量や、水分、糖分、セルロースの量など、どう違うかということに関係して来ます。 図 - 15

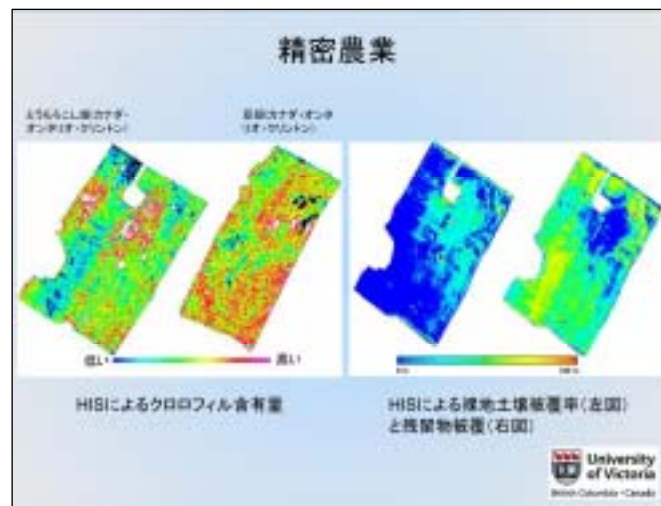


図-15. 精密農業

日本の場合には農作物を収穫したあとは藁を取り除いてしまいましたが、北米では、トウモロコシなどの場合は、茎を全部畑に残してリサイクルしています。どこに、どの位、残留物があるかということ調べてたりしています。日本でも最近は少しかつた研究が始まっていますが、コシヒカリがどうして美味しいのか。コシヒカリの種を持って行って北米でやっても同じものは出来ません。

結論的に申しますと、コシヒカリがなぜ美味しいかということ、糖分の含有量が多いということ、たんぱく質の量が少ないということです。北米では精密農業に対する関心が高く、同じ畑のなかでも、肥料の足りない場所、雑草が生え始めたところや虫害が生じ始めたところを早めに検知して、施肥や殺虫剤の散布量を少なくする努力をしています。

これは地質の方ですが、宇宙からの化学分析が出来るということは、鉱物を分子の振動部分のものと鉱物の電磁波吸収帯の部分というふうに分けてやりますと、人間の目を見た時にはこの程度（図 16 の左端画像）にしか映りませんが、分子の振動吸収に感度のよい波長域を使うと、いろいろなものに分けられるというようなことが言われています。これらが私が研究をすすめているハイパー・スペクトルの画像解析のテーマです。 図 - 16



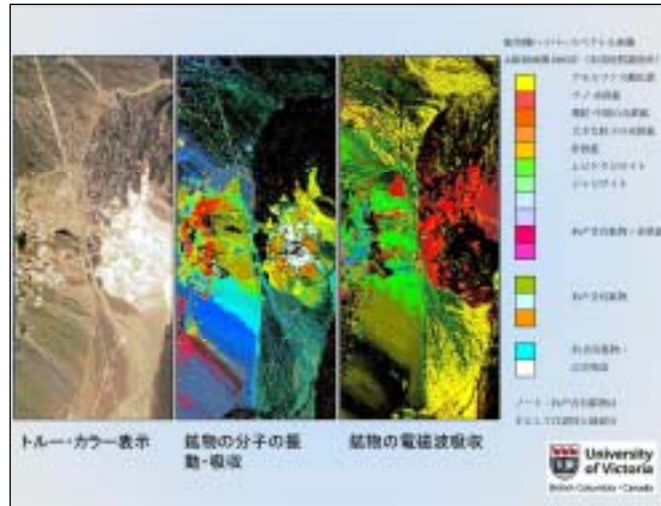


図-16. 分子振動及びレーザー吸収による鉱物分類

リモートセンシングを災害救難援助に使う

もう一つ、人間社会との係わり合いの一つに自然災害があります。昨年のインドネシア沖の地震による津波被害があり、今年もパキスタンでおおきな地震がありました。(図-17~1、~2、図-18~1、~2)



図-17. ~1



図-17. ~2

(図-17) 2004年12月26日にインドネシア沖で起きた震度9.0の地震で発生した津波はインド洋を越えてスリランカの沿岸に到達した。(図-17~1)はスリランカのカルタラを襲った津波を地震発生1時間後に撮られたクイックバード衛星の高解像度画像である。(図-17~2)は同じ場所の画像で2004年の1月1日の画像である。



図-18. ~1 2002年9月15日発生前



図-18. ~2 2005年10月9日発生效后

(図-18~2)2005年10月8日、パキスタンで起きた震度7.6の画像。震源地の南西10km近傍のカシ米尔地方の衛星画像で大きな地すべりが観測されている。

(図-18~1)は地震以前の画像で2002年9月15日の同じ地方の画像である。(IKONOS 画像©スペース・イメージング社)

地震の前後を宇宙から撮っている訳ですが、確かに人工衛星からこういうデータは撮れるのですが、では、それで災害に対してどう対処するかということまでは行って無い訳です。確かに災害後でも被害の状況が見えたということは、それなりに使い道はありますが、やはり、リモートセンシングを災害救難援助にどう使って行ったら良いかという所まで考えて行かなければいけない。 図 - 19

応用	課題
マッピング、チャート作成や測地	画像のマッピング・地勢特徴の解析、地形特徴抽出と解析、高度データ抽出、地図作成、変化検出
広域的な調査	自動的な変化検出・行動合図支援
防災支援	自然災害評価・人工的な災害評価
不確定状況把握支援	情報収集・着地地帯・投下分析、水陸両用のオペレーション計画、空路解析、避難・疎開オペレーション、環境ハザード
ミッション計画やリハーサル	広域向け・オペレーション計画、ミッション・リハーサル、ミッション評価
現行の活動支援	救援活動地域の監視・活動の連絡指示システムの解析
ターゲット支援	ターゲットの検出・ターゲットの識別と追跡、ターゲットの弱点の特徴付け、高度なターゲットの物質、ターゲットへの浸透解析、被害評価

図-19. リモートセンシングの災害救難計画への応用

それには防災のストラテジーを立てる。防災の救援のための地表解析をする。パキスタンの例で申しますと、どういうルートで何をどの位運んだら良いかを見る解析というのはこれまで出来ていなかったのですが、結論としてはそういうもので使って欲しい訳です。一つには危機管理の問題として現況を把握するだけでなく、それへの対応、アクションがとれるようにする。あるいは、災害が起こるまでのプロセスを学習して改良して行く。しかし、これが出来るためには、出来るだけ早くデータを集めたり、昔のデータと比較したりということがありますので、こういうものをインテグレートするような必要性がある訳ですが、そこまではまだ至っていない。 図 - 20

	説明	利用	リモートセンシングセンサー
地形・地表温度・ずれ	地表の物理的変化、温度測定、地表面のずれや凹凸の変化	火山爆発・地震、地すべり、森林火災	干渉SAR、遠赤外、中間赤外、
物質の識別	異なった地表類の物質の識別と判別能力 道路・橋梁路のタイプ判別 (コンクリート/アスファルト) 土壌タイプ 土壌水分の判定	異なった地表類の物質の識別と判別能力 道路・橋梁路のタイプ判別(コンクリート/アスファルト) 土壌タイプ 土壌水分の判定	可視、近赤外、中間赤外線
植生の特徴	植生タイプの決定 植生条件の決定(健康、枯れ木等) 樹幹の生化学	避難民の存在、草害の通路、化学および生物学的な汚染	可視、近赤外、中間赤外線
沿岸調査	陸地と水域の境界 潟湖の構成、植生の有無	海岸侵襲、上陸可能地、	可視、近赤外、中間赤外線

図-20. 防災・救援のための地表解析

### ジオマティックスの概念

はじめに申しましたように、何のために描くかということを変更して考えてみますと、今はただ観測しただけで無く、アクションがとれて、学習をして、それを次のことにトライする所までやる。情報を収集して、それを正規化し、状況分析をして、意思決定に利用して、行動まで持って行く。こういうことをやろうと思うと、関連分野というのはいろいろある訳です。 図 - 21



図-21. 危機管理の関連分野

意思決定については最適化の問題もあります。センサーにも新しい技術があります。信号処理の問題などは、ハイパースペクトルのデータ解析は100次元も200次元もあるので、我々が見聞きしているユークリッド空間と全然違う訳です。私どもは、距離に関してはユークリッド空間で  $x^2 + y^2 + z^2 = \text{距離}^2$  というのをギリシャ時代から習っていますが、200次元の中の距離とはまったく異なります。スーパースペースのジオメトリーはこれまでの概念と異なります。超次元空間の幾何学を加味することによって、新しいことが出来るようになります。

そこで、単にリモートセンシングの技術を使って地球レベルの情報を収集するというだけでは不十分だということで、ジオマティックスという考え方が出て来ている訳です。これは、空間に関する意思決定を効率よく進展させるために、空間的なデータの情報収集・蓄積・配布・管理とその応用に処方箋を合わせたサービスのことであります。

幸いカナダは広大な土地があるために、こういう考え方に移ったのが比較的早く、既に1988年にこの概念を導入しております。そして、それはこれまでの測量や、写真測量、あるいはリモートセンシング、GISと呼ばれている地理用システムなどを総合化し、行政機構の改革、産業の再編成、大学・専門学校の再編成というところまで、この20年位にわたって行なって来た訳です。

行政として、カナダの場合、地図作成部門という地図のマッピング局を廃止しております。その代わりに、Department of Geomatics Sector というのをつくっています。そして、業界も、測量協会ではなく、ジオマティックス産業協会という形に名前を変えております。大学の中にも、単なる地理学科ではなく、ビクトリア大学の場合にはジオマティックス科というのを創設しましたが、これは、工学部のコンピュータサイエンスと我々の地理学科を包含したものです。したがって、生徒はコンピュータも数学も習わなければいけないし、応用分野の知識も必要になります。私のいるビクトリア大学だけではなく、カナダの多くの大学でこのジオマティックスのコースや学科を持っています。

## 広い学際的な知識の集大成が必要なジオマティックス

ジオマティックスは広い学際的な知識の集大成が必要だとされます。地理学だけでなく、コンピュータ科学、農業、森林学、地質学、都市工学、環境工学、海洋学も必要だということで、工業技術と同様に理数のバックグラウンドも要しますし、幅広い科学の応用分野を含んで、それにまたがっているということです。

とくに IT 技術というのは一つの大きな要素ですし、政策の最適などは、IT 技術なり Artificial Intelligence (人工知能)、場合によっては経済、地政学まで含めたものまで必要になって来ます。これを総称して Area Geomatics という分野が一つ成立している訳です。

この概念は日本にも来ていることは来ているのですが、残念ながらまだまだ声が大きくなっておりません。防災にしる、国家のセキュリティの問題にしる、あるいは地域開発の問題にしる、少し後れてしまっているのではないかなと言うのが私の印象です。

日本の社会問題もいろいろありますが、これから日本がもう少し再生して、国際的に評価されるための課題というのは、次の四つにあるのではないかと思います。

いろいろな科学技術がありますが、さらに新しい知恵がつかれるようにする。特に空間の管理に対する知恵がつかれるようにしたら良いということ。ある意味では、特に空間に対する知恵をつくれるかということがあります。第2に、既存の知恵をさらに有効に利用して行くということ。第3に、新しい人を教育して人材を残していくこと。第4に、そこで得られた新しい知恵を有効に利用出来るということを生かして他の国の人にも喜びと感動を与えること。この四つの柱のどれにもジオマティックスは寄与出来るだろうと考えている訳です。

## 質の良い国土の構築 カナダの宅地開発に学ぶもの

それが一つの課題だと思うのですが、我々は何を狙うべきかということ、私は、日本はある意味で質のよい日本の社会を構築するためにこういうことを進める必要があるのではないかと思うのです。質のよい国土。ランドスケープマネジメントもそうです。

開発というのは、名古屋の万博で指摘されたように、開発後に樹を植えれば自然回復できるのだという考え方があってはならないと思います。地球の空間科学というのは、従来の実験室で行なえる科学的な方法と違う訳です。実験室で独立した実験が出来ないということと、一遍失敗したら、それを元に戻すことは不可能だからです。長い地球の歴史の中のサイクルを繰り返すことが出来ないのです。

殺人が許されないことは、人間の命を一旦絶ってしまえば再生出来ないからだと言ったのは養老猛司さんだっただと思いますが、ヒトとなると皆さんはすぐ理解出来ることですが、自然に対しても同じことが言える訳です。一度開発で駄目にしたものを回復することはほとんど不可能です。だから、初めからきちんと評価して、維持可能な開発に持って行かなければいけないということだろうと思うのです。

私の住んでいるビクトリア市の住宅地は斜面地なのですが、日本の宅地開発のように木を切ってひな段にしたりしていません。傾斜を有効に利用して、谷間で小川が流れているような所は細長い公園として残しているのです。ですから、隣の家との間に公園があって、その公園を辿っていくと山の上まで行くというような設計になっています。

もともと私の住んでいる所は、シカの生息地だったのですが、人間様が後から侵入したということで、自然との調和を壊さないようにして、シカが生きて行くだけの生息地は残している訳です。逆にシカが来過ぎて、家内が植えたチューリップや好物のアジサイを食べてしまうので、わが家ではアジサイはめったに咲きません。しかし、あとから侵略した我々はそれを我慢する。その代わりに、日本からおいでになったお客様は、シカが庭で遊んでいるのを見て喜ばれます。

彼らはこういう形の住宅地を造っている訳で、これこそ私たち人間が住む所かなあと考えて来ます。そういう意味で、ものの見方を考えて行かなければいけないと思いますが、我々はもっと質のよい国土、質のよい空間デザインを考えるべきだと思うのです。最近では質の良い建物も無さそうですが(笑)、やはり、質のよい空間を考えておく必要があるのではないかと思います。

## ジオマティックスを利用して知恵で世界に貢献出来る日本に

そして、そこで得られた知恵を近隣諸国、あるいは開発途上国にどう適用させて行くかということが大事なのではないかと思うのです。カナダでは、ジオマティックスのコースを持つ大学が多いですから、ジオマティックスを学んだ学生の数も非常に多いです。その連中がどこで働いているかという、世界中に散らばっているいろいろな国で貢献しているのです。

カナダはご存知のように ODA の金をあまり出していません。ゼロに近いのです。世界銀行の金や、アジア開発銀行の金や、あるいはその国の援助をもらって、学生なり専門家がそこへ行って地域開発の国土デザインに寄与しているのですが、このへんは日本も真似をしても良いのではないかという気がします。そういう形での近隣諸国への貢献を考えるべきだろうと思うのです。

『徒然草』に「よき友」として三つの友が挙げてあります。物をくれる友、自分の病気を治してくれる医者、そして知恵を出してくれる友です。これこそが良い友だと兼好法師が言っています。

日本は、国連の納付金にしろ、ODA にしろ、金の方は十分出し過ぎるほど出しているのに、それだけの評価を受けていないというのは、知恵を出していないからではないかと思うのです。知恵の貢献が他の国に比べて少ないのではないかと思います。その意味では、このジオマティックスこそ、政治とも離れて、近隣諸国に知恵を通して貢献出来る一つの大きな分野ではないかと思えます。

[MEMO]