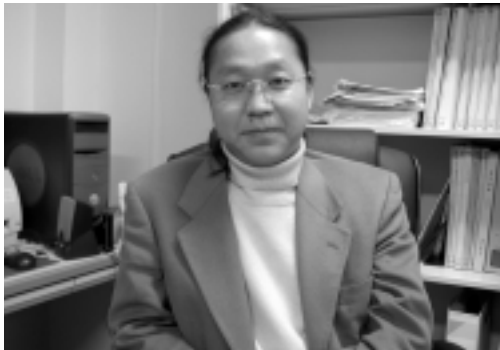




## 都市を眺める新たな視点

### 神田学 研究室～国際開発工学専攻



神田学 助教授

ヒートアイランド現象や集中豪雨など、近年、都市域において様々な特異現象がみられるようになった。これらの現象はどのようなプロセスを経て発生するのだろうか。都市域の環境を研究する際には、包括的な実測に基づいた検証を行う必要がある。しかし、そのような検証は世界的にほとんど行われていない。

このような現状の中、神田研究室ではどのようにして都市域の環境の研究に取り組み、その未開拓の分野を発展させていこうとしているのだろうか。



## 『最初の一步』が踏み出されるまで

我々が生活をしている都市でのエネルギー消費量は年々増加し続けており、莫大なものとなっている。それに伴い、近年、都市域において特異な気象現象が見られるようになった。それに代表されるのがヒートアイランド現象や集中豪雨である。これらの現象は都市内部で発生した熱や水が周辺の大気や水域に排出され、影響を与えることによって引き起こされる。そのため、現象の本質を見極めるには、都市とその周辺との間の熱や水の輸送過程を知ることが非常に重要なのである。

そもそも、地表面と上空の間の輸送はどのように行われているのだろうか。地表面で発生した熱や水蒸気は主に乱流によって上空へ運ばれる。乱流とは時間的にも空間的にも不規則な運動をしている流れのことで、直径数cmから数kmのものまで、様々な大きさの渦から成っている。地表面から高さ1km付近の間では、地表面の摩擦や凹凸、地表面からの加熱などの影響で規模の小さな乱流が特に多く発生している。都市においては地表面がより複雑で、大量のエネルギーが内部で発生しているため、その傾向は顕著だ。乱流が多く発生し、都市地表面と上空の間の輸送過程は非常に予

測しにくいものとなっている。その上、建物の並び次第で乱流による輸送効率は変化してしまう。従って、輸送過程を正確に把握するためには都市上空で直接観測を行わなければならないのである。

神田研究室では、都市域における熱や水などの輸送過程の研究をテーマに掲げ、熱フラックスなどの各種フラックスの観測と得られたデータの検証を行っている。フラックスとは単位時間と単位面積当たりの熱や水蒸気などの移動量のことである。フラックスを都市上空で長期間観測することにより、都市地表面と上空の間の熱や水蒸気などの輸送過程を把握することができるのだ。

ところが、現状では都市上空におけるフラックス観測はほとんど行われていない。この理由としては都市域におけるフラックス観測の難しさが挙げられる。フラックス観測は都市上空20～30mで行うので、高い位置に観測機器を設置するためのタワーが必要になる。しかし、これに街に林立している既存のタワーを利用することはできない。流体抵抗が大きく、観測機器に到達する前に、風がタワーそのものによってゆがめられてしまうか

らである。そのため、流体抵抗が小さいタワーを使用する必要があるのだ(写真1)。このようなタワーを建設するためには非常に高い技術が必要である。また、タワー建設の際には地域住民や行政の許可を得なければならない。様々な実情が存在する中において、世界で初めて都市上空での長期フラックス観測を実現させたのが神田研究室なのである。

神田研究室では、2001年5月より東京都大田区久が原においてフラックスの観測を始め、現在も観測を続けている。この観測の場合も、30mものタワーをいきなり市街地に建設するというわけにはいかなかった。地道な説得の結果、地域住民の理解や協力を得てタワー建設にこぎつけることができたのである。

地域住民の方々の理解を得られたことについて、神田先生は日本人の環境に対する意識の高さを感じたという。住民の方々の高い意識と、神田研究室の研究に対する熱意。この二つが存在したことで住宅街でのタワー建設が可能になった。都

市域における長期フラックス観測のための最初の一步が踏み出されたのである。



写真1 久が原のタワー



## 都市を測る新しいツール

日本国内の諸都市ではヒートアイランド現象や内湾域の淡水化、高温化など、新たな環境問題が発生している。個々の現象そのものについては気象、水文、海洋の各分野で研究が進んでいる。しかし、都市域全体における水やエネルギーの流れが把握されていないために、諸現象がいつ、どこで発生し、どう変化するのか、という予測を行うまでには今現在も至っていない。

このような現状の中、神田研究室を中心として進められているプロジェクトが『都市と大気と水圏における水・エネルギー交換過程の解明』である。まず、実測に基づいてフラックスの時間、空間的な変動を把握して、データベースを構築する。そして、得られたデータを検証することにより、都市構造や自然環境から、その都市の水・エネルギー交換過程を推測できるようなモデルの開発を行う。これがこのプロジェクトの基本的構想となっているのだ。モデル化のためのデータ収集は、非均一性、不確定性の強い実際の都市での現地観測と、制御された条件下でのモデル実験を行うことで進められる。

まず、現地観測としては首都圏での大規模同時フラックス観測が行われる。前章で紹介した久が原での観測の他に、神田研究室では期間は短いものの、東京湾や銀座などでも観測を行っていたことがある。これらの観測で培ったノウハウを基に、首都圏の都市空間、大気、水域をカバーした世界最大規模のフラックス観測を行おうというのである。ここでは久が原での観測に用いられているようなタワーの他に、最新鋭のレーダー機器や、航空機、船舶も導入されて観測が行われる。現在は観測機器の調整段階にあり、観測は来年から行われるということである。この観測により、首都圏という広範囲における水・エネルギー循環系を直接捉えることができるのだ。

現地観測で得られたデータを検証することは、モデル開発のために必要不可欠だ。今まで述べてきたように、未開拓の分野であるため、実際に観測を行うことではじめてわかることが多い。例えば、久が原で現地観測が始まり、徐々にデータが揃ってきたときに興味深い事実が浮かび上がってきた。それは、コンクリートから発生する蒸発

熱(コンクリート潜熱)が都市全体でみたときに無視し得ない大きさをもつということであった。神田先生はこの事実大変興味をひかれ、コンクリート潜熱についての検証を行った。様々な気象条件下において、単位体積当たりのコンクリート潜熱の発生量についてのデータを取ったのである。得られたデータは大規模同時観測や、次に紹介するモデル実験での観測結果の検証の際にも活かされる。現地観測で新しく認知された要素を考慮することで、より精密なモデルの開発を行うことができるのだ。

一方、モデル実験はミニチュアの都市を用いて行われる。ミニチュアといっても、都市の建物を模した一辺1.5mのコンクリートブロックを100m×50mの屋外の敷地に配置するという大規模なものだ。ミニチュア都市内の建物の配置を類型化し、自然気象条件下において各種フラックスや、都市全体での水収支を観測する。そして、自然気象条件下において、都市構造が熱や水の輸送過程に与える影響を把握しようというのだ。

この実験では、都市内の建物の配置を類型化するための主なパラメータとして、建蔽率とフロントルエリアインデックスが用いられる。建蔽率とは都市を上から見た場合の建物の込み具合のことを、フロントルエリアインデックスとは風上から見た場合の建物投影面積と敷地面積の割合のことを示す(図1)。そして、コンクリートブロックの配置を変えることで、様々な建蔽率とフロントルエリアインデックスをもつ都市を再現できる(図2)。また、内部に植物や大型道路を導入することで、蒸散効果や風洞効果の検証を行う予定もあるという。検証したい条件を理想的に備えているモデル都市での観測を行えることが、この実験の

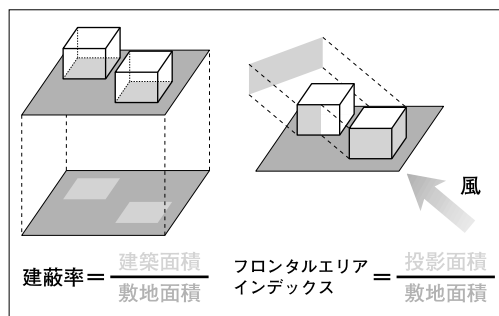


図1 二つのパラメータ

最大の特徴であり、利点なのである。もちろん、このミニチュア都市のような大規模な実験設備を用いたモデル実験は世界で初めての試みである。それだけに日本国内からだけではなく、世界からの注目も非常に大きいのだ。現在は実験設備の建設中で、観測は来年から行われる。

この章で紹介した二つの方法で得られたデータは東工大で活用されることはもちろん、世界各地にも公開されることになるという。現在、世界中で様々な都市モデルが開発されてはいるが、これらのモデルを検証するためのデータはほとんど無い。データ自体が貴重なため、データベースを公開することで世界中のモデル開発が発展するだろうと神田先生は考えているのである。そして、神田先生はこのプロジェクトの基本構想であるモデルの開発の先にさらなる可能性を見据えている。

現在、アジアには多くの大都市が存在し、今後更に人口が増加していく傾向がある。日本各地の都市圏において実際に生じている環境の変化は、アジアの諸都市圏においても発生すると予想されている。将来、急激な人口増加に伴って新たに出てくる都市でも同様の変化が起こるだろう。

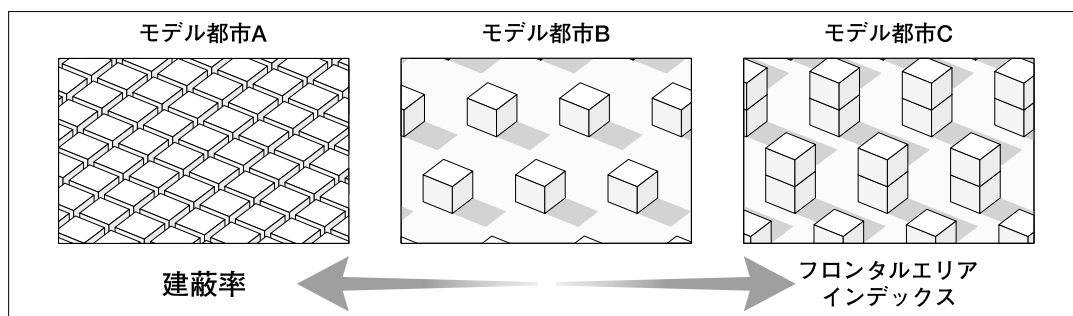


図2 ブロックの配置を変えることで様々なパラメータの値をもつ都市を再現できる

こうした情勢の中、モデルの開発が順調に進めば、周辺の環境になるべく負荷を与えないような都市を設計することが可能になる。このような方



## 神田研究室

前章で紹介したプロジェクトでは、ミニチュア都市や、実際の都市、大気、水域といった様々な領域で観測を行うことになる。そのため、気象や、建築、水文、海洋など、様々な分野の専門家と提携して研究を進めていく必要がある。また、ミニチュア都市実験は、その独自性と有用性のために国内外から多くの研究者が参加する予定であるという。そのような中で、神田先生はプロジェクトの代表者として全体の指揮をとっている。そして、各パートにおいても積極的に作業に関わっているのである。

大体の要素学問が成熟していく21世紀においては、複合的な研究に今以上に注目が集まってくるだろう。複合的な研究とは、これまで紹介してきた神田研究室で行われている都市域の環境の研究や、近年注目を集めている文理融合型の研究などである。

複合領域分野で研究を進めていくためには三つの段階を踏むことが大切であると神田先生はおっしゃっている。一つ目の段階は、色々なことに興味を持って、他分野の人々と積極的に交流をしていくということ。二つ目の段階は、提携している様々な分野を横断的に眺められる広い視野をもつということ。そして三つ目の段階は、自ら限界を設けずに多くの知識を習得し、積極的に他分野の

法を確立することで、これからアジアを中心に出現してくる大都市での環境問題の発生を抑えていきたいと神田先生は思索しているのである。

領域に踏み込んでいくということである。もちろん、今述べたような段階を踏んで他分野と提携をしていく際には困難が多々伴う。実際、神田先生は次のようにおっしゃっている。

「他分野の人達と共同で研究を進めていく際には、一つ一つの分野の知識や技術を専門の人達と議論を交わせられるくらいのレベルにまで上げておく必要があります。そうでなければ相手にもされないし、互いに研究を進めていくことなど不可能なのです。だから、複合領域分野の研究を進めていく際には勉強しなければならないことが山積しているんですね。」

しかしながら、その上で神田先生はこのようにもおっしゃっている。

「しかし、そのように勉強することがたくさんある分、面白い。それと、様々な分野を横断的に眺めて問題に挑戦する。ここのところが複合領域分野では非常に面白いんですね。好奇心が旺盛な人にとっては非常に楽しい分野であると思うよ。」

この言葉から、都市域での長期フラックス観測や、ミニチュア都市実験など、世界中で誰も踏み込んだことがない研究テーマにおいて、他分野の人達と協力し、一つ一つの事実を検証していくことで未開拓の分野を少しずつ切り開いていこうとする神田研究室の理念を感じることができた。

今回、神田研究室の記事をLANDFALL本誌に掲載させて頂くにあたり、神田先生には都合二回の取材をさせて頂きました。神田先生からは研究の内容はもちろんのこと、研究の背景や複合領域など様々なお話を聞かせて頂き、私にとって非常に興味深く、そして、非常に楽しい取材でありました。

私が神田先生からお話を伺い、神田研究室というものを知ることで得られたこの感動を少しでも

多く読者の皆様に伝えたいと思い、記事を書かせて頂きました。読者の皆様がこの記事を通じて神田研究室で行われている研究、そしてその先にある展望に興味、関心を抱いて下さるなら、それほど嬉しいことはありません。

最後になりましたが、多忙な中取材に快く応じて下さった神田先生にこの場を借りてお礼を申し上げます。

(岸 寛)

神田研究室 URL <http://www.cv.titech.ac.jp/~kandalab/index.html>