

# 第20回 理学部門研究談話会

日時 : 平成 28年 10月 19日(水)13:30-15:00

場所 : 理学部 2号館 6階第1会議室

## 話題及び提供者

『 熱帯の気象と年降水量2万ミリの雨  
ーバングラデシュにおける洪水の  
予測向上をめざしてー 』

村田文絵

『 Hopf 空間と高位ホモトピー 』

逸見豊

『 クラウド時代のシステム監視技術について  
- ネットワーク防災訓練の教訓から - 』

佐々木正人

教職員, 大学院生, 学生, 一般の方々のご来場をお待ちしております  
(お問い合わせ : [tsue@kochi-u.ac.jp](mailto:tsue@kochi-u.ac.jp))

## 熱帯の気象と年降水量2万ミリの雨

ーバングラデシュにおける洪水の予測向上をめざしてー

村田 文絵 (災害科学コース)

熱帯地域は水蒸気が多いので中高緯度に比べて雨が多い傾向がある一方で、熱帯であっても雨があまり降らない地域もある。その降水分布は季節変化やエルニーニョ現象等によって時空間的に大きく変化する。日本やアメリカ、ヨーロッパ等の先進国は中緯度に位置する。中緯度の天気システムについての理解は20世紀に大きく進展し、短期天気予報の精度向上に貢献している。一方熱帯地域は、地球の自転によるコリオリ力が弱まり、水平温度傾度が弱い、といった中緯度とは異なる特徴のために、中緯度の知見が適用できず、明日の天気予報であってもまだ当てるのが難しい。熱帯地域の雲活動は、多くが理論的に赤道付近に存在することが予測された波動(赤道波)と結合して変動していることがわかっている一方で、理論的には予想されなかったマデンジェリアン振動(MJO)と呼ばれる顕著な変動もある。

私の研究地域は、亜熱帯だが夏に熱帯地域の影響を大きく受けるインドモンスーン地域にある多雨地点チェラプンジを中心とするインド亜大陸北東部である。2万ミリを超える年降水量はおそらくチェラプンジ付近でしか観測されたことがない。この地域は高原の南斜面にあり、全ての雨はすぐ下流のバングラデシュに流れる。バングラデシュは国土の大部分が低地であり、洪水は最も多数の住人に影響を及ぼす気象災害である。ここで共同研究者らとインドバングラデシュにまたがる地域に観測ネットワークを構築しつつ、この地域に災害をもたらす気象に関して研究を行っている。最近インド亜大陸北東部は世界中にインドモンスーンの研究がいるにも関わらず研究されていない地域であることがわかってきた。チェラプンジの雨は3日から最大14日まとまって雨が降る期間ー降水活発期があり、1期間に2千ミリ以上降ることがある。このような多雨期間が1モンスーン期に9回起こった1974年に年雨量2万ミリを超えた。最近行った統計解析によると、降水活発期は日本の南の南シナ海から北西太平洋にかけて形成された高気圧が西進し、ベンガル湾に入る頃に始まり、その高気圧の東西スケールが大きい方が長く続き大雨になる。このときバングラデシュでは東風から西風に変わるが、このことはこの地域に住む船乗りの知識とも一致している。

熱帯の気象の理解は日本の長期予報の精度向上に役立つと考えられている。チェラプンジの降水活発期をもたらすと思われる南シナ海から北西太平洋の高低気圧変動は、日本の夏の天候への影響が指摘されてきた。梅雨前線の形成にベンガル湾からの水蒸気が影響を与えていると考える人もいる。

理学部2号館屋上の気象観測を以下でみることができます。興味のある方はどうぞ。  
<http://home.cc.kochi-u.ac.jp/~fumie/tmp3/monitor.html>

# Hopf 空間と高位ホモトピー

高知大学理学部理学科数学コース 逸見 豊

空間の構造の対称性を表す Lie 群の概念は、数学のみならず物理学においても重要な研究対象になっている。特にコンパクトである  $O(n)$ ,  $SO(n)$ ,  $U(n)$ ,  $SU(n)$ ,  $Sp(n)$  などの古典群や  $G_2$ ,  $F_4$ ,  $E_6$ ,  $E_7$ ,  $E_8$  などの例外群はきわめて重要な例である。Lie 群は、群構造を持つ多様体で、群の積と逆元を対応させる写像が可微分なものをいうが、一方で、多様体の条件を単に位相空間にかえ、群の積と逆元を対応させる写像を連続にかえたものが位相群である。当然ながら Lie 群は位相群でもある。

Lie 群や位相群  $G$  に対し、その体係数 cohomology 環は Hopf 代数の構造を持つことが知られている。しかし、Hopf 代数の構造の構成には Lie 群や位相群が持つすべての性質が必要なわけではない。そこで、Lie 群や位相群から cohomology 環の Hopf 代数構造の構成に不必要な性質を取り除いた概念が考えられるが、それが Hopf 空間である。

正確な定義を述べると、Hopf 空間  $X$  とは、ホモトピー単位元を持つ連続な積  $\mu: X \times X \rightarrow X$  を有する位相空間をいう。定義には積の結合律や逆元の存在などは仮定されない。定義より、位相群は Hopf 空間であるが、すべての Hopf 空間が位相群になるとは限らない。

Hopf 空間の研究の意義は、その体係数 cohomology 環が Hopf 代数の構造を持つということ以外に、ホモトピー型に関する不変性があげられる。Lie 群や位相群に同相な位相空間は、Lie 群や位相群の構造を持つが、ホモトピー型が同じ位相空間が同様に Lie 群や位相群の構造を持つとは限らない。しかし、Hopf 空間に対してはホモトピー型を持つ位相空間が Hopf 空間の構造を持つことが分かる。特に、Lie 群や位相群のホモトピー型を持つ空間は Lie 群や位相群ではないが Hopf 空間にはなり、このことから、Hopf 空間のホモトピー論的研究は Lie 群や位相群のホモトピー論研究においても大きな意味を持つてくる。

位相群のホモトピー型を持つ空間はホモトピー結合的 Hopf 空間の構造を持つが、逆に、すべてのホモトピー結合的 Hopf 空間が位相群のホモトピー型を持つわけではない。そこで、どのような Hopf 空間が位相群のホモトピー型を持つかという問題が生じる。この問題に最初に答えを与えたのが菅原 (1957) である。菅原は、高位ホモトピー結合性の概念を導入し、この問題を解決した。しかし、彼のアイデアはすぐれたものであったが、かなり不正確な表現が多かった。その不正確さをただし、明確な概念を与えたのが Stasheff (1963) である。彼は、 $A_n$  空間という概念を導入し、与えられた位相空間が位相群のホモトピー型を持つ必要十分条件は、その空間が  $A_\infty$  空間の構造を持つことであることを示した。ちなみに、この定義によると Hopf 空間は  $A_2$  空間であり、ホモトピー結合的 Hopf 空間は  $A_3$  空間になる。その後、彼の研究を発端とし多くの高位ホモトピーの概念が生まれ、さらに operad や高位 category などの概念が登場し、高位ホモトピーの概念は現在では多くの数学の分野に影響を与えている。

さて、有名な Hilbert の 23 の問題の第 5 問題は「多様体である位相群は Lie 群になるか」というものである。これは、肯定的に解かれ、多様体に関しては Lie 群と位相群の差はないことが知られている。一方、Hopf 空間に関しては、7 次元球面  $S^7$  という位相群のホモトピー型すら持たない Hopf 空間が当初から知られている。これは絶対値が 1 の Cayley

数（八元数）全体から成る空間で、ホモトピー結合的な積を持たない。しかし、 $S^7$  以外の多様体で Lie 群や位相群のホモトピー型を持たない Hopf 空間の例はなかなか見つからなかった。ちなみに、Hopf 空間の構造を持つ球面は  $S^0, S^1, S^3, S^7$  の 4 つであり、このうち  $S^7$  以外は Lie 群になる。またこれらの 4 つの空間は実数、複素数、四元数、Cayley 数に対応しており、1950 年代の終わりに解決を見た Hopf 不変量 1 の非存在問題に深く関連している。

Lie 群のホモトピー型を持たない  $S^7$  とは異なる Hopf 空間の最初の発見は Hilton と Roitberg (1969) による。彼らは、 $S^7$  上の主  $S^3$  バンドルの全空間を考え、その中に Lie 群のホモトピー型を持たない Hopf 空間が含まれることを示した。さらに、彼らの発見した空間のなかに、位相群のホモトピー型を持つが Lie 群のホモトピー型を持たないものも含まれていることを Stasheff は示した。これは Hilbert の第 5 問題はホモトピー論的には否定的であるということの意味し画期的な発見といえる。彼らの発見した空間は、主バンドル

$$S^3 = SP(1) \rightarrow SP(2) \rightarrow SP(2)/SP(1) = S^7$$

からある写像  $S^7 \rightarrow S^7$  により誘導された主  $S^3$  バンドルの全空間として得られるものである。そこで同様な方法を主バンドル

$$SO(n-1) \rightarrow SO(n) \rightarrow SO(n)/SO(n-1) = S^{n-1}$$

$$SU(n-1) \rightarrow SU(n) \rightarrow SU(n)/SU(n-1) = S^{2n-1}$$

$$Sp(n-1) \rightarrow Sp(n) \rightarrow Sp(n)/Sp(n-1) = S^{4n-1}$$

にも適応することにより、Lie 群のホモトピー型を持たないが位相群のホモトピー型を持つ多様体や Lie 群や位相群のホモトピー型を持たないが Hopf 空間となる多様体が多く見つかった。

講演では、これらのことを、自分の研究にも触れながら簡単にお話しすることにする。

## クラウド時代のシステム監視技術について

- ネットワーク防災訓練の教訓から -

学術情報基盤図書館

佐々木正人

VMWare 等の仮想化技術の普及により、組織内に専用サーバを準備してシステムを構築することから、商用クラウドサービス(IaaS や SaaS)への移行が急速に進んでいる。クラウドサービスでは、使用したコンピュータ・リソースに対して課金され、リソースの変更も自由である。利用者は直接ハードウェア管理の必要は無く(非公開でアクセス不可)、運用後の構成変更がノンストップで安価かつ容易に可能となる。さらに、GuestOS に対する監視サービスも提供されており、構築から管理・運用まで Web ベースで可能となる。

また、3.11 以降災害時でも業務が継続(BCP)できるよう、インターネットとの接続点までも学外 DC に移動させるケースが増えている。この場合、複数の業者により独自に監視・管理される物理的に離れた複数地点のサブシステムを、ネットワークで接続し一つのシステムとして運用することになるが、システム全体を一元的かつ統一的に監視できない。あくまで各サブシステム内での監視のみである。

ネットワーク監視においては、監視対象機器からの SNMP トラップによる障害等の通知を収集・分析してトラブルを検知する方式が一般的である。しかし、商用クラウドではネットワークの物理構成やその仕様は非公開(SNMP が使用できない場合もある)であること、SNMP にて各機器の状態情報を集めても、IP 通信に欠かせない L3 routing や VPN tunnel の状態等は把握できないことから、ICMP を利用した「挟み撃ち方式」を提案してきた。TCP/IP の標準機能である ICMP を利用するため、監視対象機器に特別なアプリケーションをインストールする必要は無い。特に、BGP 経路監視や DNS 機能監視に有効である。また、クラウド上のサーバとの通信は、L3 だけでなく安全性を確保するため L2-VPN や L3-VPN を利用するが、これらの監視も実現できる。

本学でも会計システム等が L2-VPN/L3-VPN により AWS(IaaS)に接続し学内情報システムとして稼動中であり、ICMP による挟み撃ち方式にて監視しながらその機能や効果を評価中である。高知県域の大学・高専で毎年実施している、実際に回線を切断してのネットワーク防災訓練における評価を含め、ICMP による挟み撃ち方式について紹介する。