第 48 回 理工学部門研究談話会

日時：令和 8 年 1 月 21 日（水）13:30～14:30
会場：理工学部 2 号館 6 階 第 1 会議室

話題および提供者

「南海地震で高知は沈みます…
津波じゃなくて地盤の沈降で」
松岡 裕美

「有限半順序集合に関する話題」
福間 慶明

教職員，院生，学生，一般の皆様のご参加をお待ちしております

（問い合わせ先：nara@kochi-u.ac.jp）

南海地震で高知は沈みます　津波ではなく地盤の沈降で

理工学部地球環境防災学科　松岡裕美

南海地震（南海トラフ地震）というと津波のことばかり騒がれていますが、地震にもれなくついてくるのは津波だけではありません。南海地震が発生するたびに、室戸岬周辺では地盤が１－２ｍ程度隆起、高知市や須崎市の市街地周辺は１－２ｍ程度沈降することが歴史的に知られています。室戸岬周辺には海成段丘が、高知市街地の周辺は平野が発達することから、数千から数十万年程度の時間で見てもこれらの地域には同様な隆起と沈降の傾向があることは地形的に明らかです。しかしながら、海成段丘から推定される隆起速度に比べて、地震時に知られている隆起量は大きすぎ、地震時の隆起がそのまま積み重なって地形を形成しているわけではありません。

地震と地震の間にあたる現在は、地震時とは反対に室戸岬は十年間で数㎝程度の速さで沈降しており、高知平野は十年間で数㎝程度の速さで隆起していることが国土地理院などの観測結果から明らかになっています。地震時に地盤が隆起沈降し、地震間にはその反対の動きで戻るということが、シーソーのように地震のたびに繰り返されていることになります。問題は、その地震時と地震間の動きが、どのように積み重なって現在の地形が造られているのかということです。地震時の動きが 90％程度回復したところで次の地震が発生し、その残差が積み重なって地形を形成するのか？地震時の動きは次の地震までにほぼ 100％回復し、地形は別の動きによって形成されているのか？室戸岬周辺では潮間帯に生息する生物遺骸を用いて、過去数千年間の地盤の隆起の研究が行われています。諸般の理由から、なかなか詳細が明らかになっていないのですが、隆起は南海地震に伴った数百年に一回ではなく、数千年に一回の頻度で発生していることが推定されています。

一方、室戸岬のような隆起地形と比較して、高知平野のような沈降地形はその証拠が埋積してしまうため詳細な研究は進んでいません。私達は過去数千年間の南海地震の津波痕跡を求めて、南海トラフ沿いの沿岸湖沼で津波堆積物の研究を行ってきました。これらの沿岸湖沼はすべて地震時に沈降する沈降域に存在しています。湖沼の堆積物は陸上の堆積物と比較して堆積物記録を良好に保持しているところがウリなのですが、かといって、小さな湖沼が数千年間まったく同じ堆積環境にあるわけではありません。これらの沿岸湖沼の堆積環境の変化を詳しく観察すると、やはり通常の南海地震の頻度とは異なる頻度で発生するイベントが存在するように思われます。今回はこの沿岸湖沼の堆積環境の変化と南海地震による地盤の沈降過程についてお話ししたいと思います。

有限半順序集合に関する話題

福間　慶明　(理工学部 数学物理学科 数学コース)

私の主たる研究である「代数幾何学における偏極多様体の理論」に関するお話は, 以前の理工学部門談話会でお話をさせていただきましたので, 今回の理工学部門談話会では, そこから派生してきた話であります「有限半順序集合（有限ポセット）」に関するお話（[1], [2]）をさせていただきたいと思います. まずは「有限半順序集合（有限ポセット）」の定義を紹介します.

定義 1 Pを空でない集合とし、Pにはある2項関係$\leq$が定義されているとする. このとき、「Pが半順序集合である」とは次の3つの性質を満たすときをいう：
(反射律) Pの任意の要素aに対し、$a \leq a$が成り立つ.
(反対称律) Pの要素a, bに対して$a \leq b$かつ$b \leq a$ならば$a = b$.
(推移律) Pの要素x, y, zに対して$x \leq y$かつ$y \leq z$ならば$x \leq z$である.

注意 1

(1) 半順序集合のことを英語でpartially ordered setと呼ぶので、略して「poset（ポセット）」と呼ぶことが多いです. 以下では「ポセット」と呼ぶことにします.

(2) ポセットPの要素a, bに対し, $a \leq b$かつ$a \neq b$のとき, $a < b$と書きます.

(3) ポセットPが有限個の要素からなる集合のとき, 「有限ポセット」と呼びます.

次に, この有限ポセットを図式化した「ハッセ図形」について説明します.

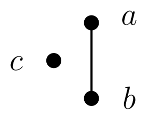
定義 2 集合Pをポセットとし, x, yをPの要素とする. このとき, 「yがxを支配する」とは, 以下の2つの条件を満たすときを言う:
・$x < y$である.
・$x < z < y$をみたすPの要素zが存在しない.

定義 3 集合Pを有限ポセットとする. このとき, 以下のルールでPを図式化することができる. この図式化したものを「Pのハッセ図形」とよぶ.

・Pの要素を点として表現する.

・Pの要素x, yに対して, もしyがxを支配している場合, xを表す点よりもyを表す点を上に書き, xとyを線分で結ぶ.

例 1 ポセット$P = \{a, b, c\}$とし, $b < a$をみたすとします.



Pのハッセ図形

このときPのハッセ図形は上のようになります.

次に, 「有限ポセットの順序多項式」について説明します.

定義 4 集合 P を有限ポセット, $d(P)$ を P の要素の数（これを P の位数とよぶ）, n を正の整数とする. このとき, $\Omega(P,n)$ を次のように定義する:

$$\Omega(P,n) = \sharp\{\sigma\colon P \to \{1,2,\cdots,n\} | P\text{ の要素 } x,\, y \text{ で } x<y \text{ ならば } \sigma(x) \leq \sigma(y) \text{ をみたす}\}$$

このとき, $\Omega(P,n)$ は n に関する $d(P)$ 次多項式となることが知られている. この $\Omega(P,n)$ を「有限ポセット P の順序多項式」とよぶ.

この有限ポセットの順序多項式から得ることができる数値的情報について説明します. d を正の整数としたとき

$$\begin{aligned} \mathcal{P}_d &:= \{\text{位数が } d \text{ の有限ポセット全体}\} \\ \mathbb{Z}_{\geq 0} &:= \{\text{非負整数全体}\} \end{aligned}$$

とおきます. このとき, 0 以上 d 以下の任意の整数 i に対して, 次の写像を作ります (詳しい作り方は講演で説明します).

$$g_i : \mathcal{P}_d \to \mathbb{Z}_{\geq 0}.$$

有限ポセット P に対して決まる正の整数 $g_i(P)$ を「P の第 i sgg」といいます（sgg とは sectional geometric genus の略. これが代数幾何学での考察から派生してきた部分）. このように, 有限ポセット P を与えるとそこから P に関する数値的情報 $g_i(P)$ を得ることができますが, 逆に「もしこの数値的情報 $g_i(P)$ が与えられた場合に, 有限ポセット P（のハッセ図形）がどのようになるのかがわかるか?」という問いが思い浮かびます.

この問いに関しては, いくつかの典型的な場合にわかっていることがあります（[1], [2]）ので, それにつきまして講演で説明したいと思います.

参考文献

[1] Y. Fukuma, *On invariants of polynomial functions,* Japan. J. Math **31** (2005), 345–378.

[2] Y. Fukuma, *On invariants of polynomial functions, II,* Algebra and Discrete Mathematics **31** (2021). 71-83.