

地学の豆知識

第 8 回

～三角形の性質と温泉研究・
「三角形のグラフ」の描き方、見方～

板寺一洋
(神奈川県温泉地学研究所)

■はじめに

様々な調査や観測、実験などで得られたデータを分析するときしばしば「グラフ」が描かれます。この「グラフ」には様々な種類があります。日常的によく見かけるのは、長方形や正方形をした「四角いグラフ」や、円形や半円形をした「丸いグラフ」だと思われませんが、温泉の研究では、時に「三角形のグラフ」が描かれることがあります。「三角形の性質と温泉研究」というタイトルをご覧になったほとんどの方は、いったい何のことだろうと首を傾げるかも知れませんが、「三角形のグラフ」は数学で習う正三角形の性質をうまく利用した図法で、3つの要素がある時にそれらの関係性を把握するのに便利なことから、温泉研究にも一役買っているのです。ここでは、ちょっと変わった「三角形のグラフ」の描き方と見方、温泉研究での活用例についてご紹介します。

■正三角形の性質

正三角形と言えば、3つの角の大きさが等しく60度で、3つの辺の長さが等しい三角形です。この正三角形には「三角形の内側のどの点であっても、そこからそれぞれの辺に引いた垂線の長さの和が一定であ

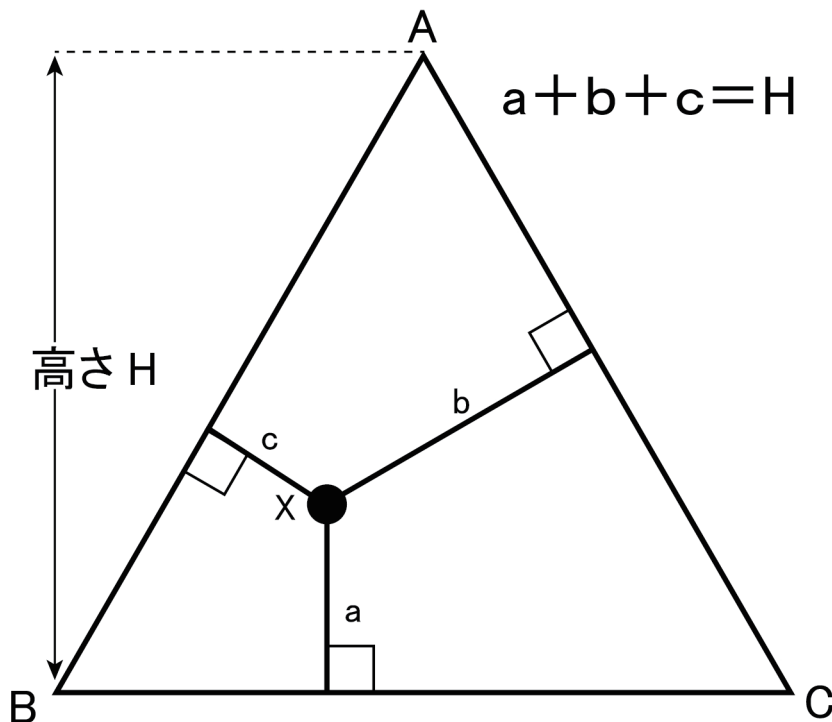


図1 正三角形の性質 正三角形の内側の点から3つの辺に引いた3本の垂線の長さの和は常に三角形の高さに等しい。

る。」という性質があります。図1を使って説明しますと、正三角形ABCの内側にある点Xから辺BC、辺CA、辺ABのそれぞれに引いた垂線の長さをそれぞれa、b、cとすると、 $a + b + c$ の値は点Xの場所に関わらず一定で、正三角形ABCの高さと等しくなります。

■三角形のグラフ

3つの要素からなる事柄では、それぞれの要素が全体に占める割合を足し合わせると100%になります。「三角形のグラフ」にデータを示す点を打つときには、これを「三辺に引いた垂線の長さの和が常に三角形の高さに等しい」という正三角形の性質に置き換えて位置を決めていきます。

2018年に活躍が目覚ましかったスポーツ選手の一人がアメリカ大

リーグの大谷翔平選手です。アメリカ大リーグ機構によれば、大谷選手が2018年1年間に放ったヒットの総数は93本で、その内訳は単打48本、二塁打21本、三塁打2本、本塁打22本でした。このヒットを単打、二塁打+三塁打、本塁打の3項目に分類することになると、それぞれの項目がヒット全体に占める割合は51.6%、24.7%、23.7%となり、当然のことながら、その和は100%となります。

このデータを「三角形のグラフ」で表してみましょう。グラフに使う三角形は正三角形ABCで、3つの頂点A、B、Cをそれぞれ、単打の角、二塁打+三塁打の角、本塁打の角とします。

まず、辺BCを0%、頂点A(単打の角)を100%とする目盛りによって単打の割合51.6%を示す直線①を決めます(図2a)。次に、

辺 CA を 0%、頂点 B（二塁打 + 三塁打の角）を 100%とする目盛りによって二塁打 + 三塁打の割合 24.7%を示す直線②を決めます（図 2b）。この時、線①と線②が交わる点 X は単打の割合 51.6%、二塁打 + 三塁打の割合 24.7%の両方の条

件を満たしています。また、辺 AB を 0%、頂点 C（本塁打の角）を 100%とする目盛りに沿った点 X の位置は、「3本の垂線の長さの和が三角形の高さに等しい」という正三角形の性質から、 $100\% - (51.6\% + 24.7\%) = 23.7\%$ となり、本塁

打の割合と等しくなっています。そして、このようにして決まる点 X が三角形 ABC 上で大谷選手の 2018 年の成績を示す点ということになります。

図 3 は、大谷選手の 2018 年の成績のほか、大リーグ移籍前（日本プロ野球時代）の成績、そして、日本プロ野球界で 2000 本以上のヒットを放った選手の成績（2017 年末時点）を表した「三角形のグラフ」です。「三角形のグラフ」では、データを示す点がどの角に近いことによって、主な項目が何かを知ることが出来ます。図 3 では全ての点が単打寄りに固まっていることから、やはりヒット総数に占める割合は単打が最も高いことがわかります。また、全選手の中でもイチロー選手の成績を示す点は単打寄りに、王貞治さんの成績を示す点は最も本塁打寄りにあり、「なるほど」という感じです。さらに、大谷選手の 2018 年の成績（MLB）は、日本プロ野球時代の成績（NPB）と大きく異なっていただけでなく、並居る名選手達とは全く異なる特徴があったこともはっきりと見てとることが出来ます。

■温泉研究での活用

だいぶ話がそれてしまいましたが、やっと温泉研究の話に移りますが、温泉に含まれる成分は様々ですが、1960 年代から 1970 年代にかけて行われた温泉研究所（当時）による精力的な研究により、箱根の温泉は 3 つの主要な陰イオン（ Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- ）の構成比率によって大きく 4 つのグループに分類されること、さらにそれぞれのグループの分布に地域性があることなどが明らかとなり、やがて箱根温泉成因モデルと呼ばれる研究成果（Oki and Hirano, 1971）へと発展していきま

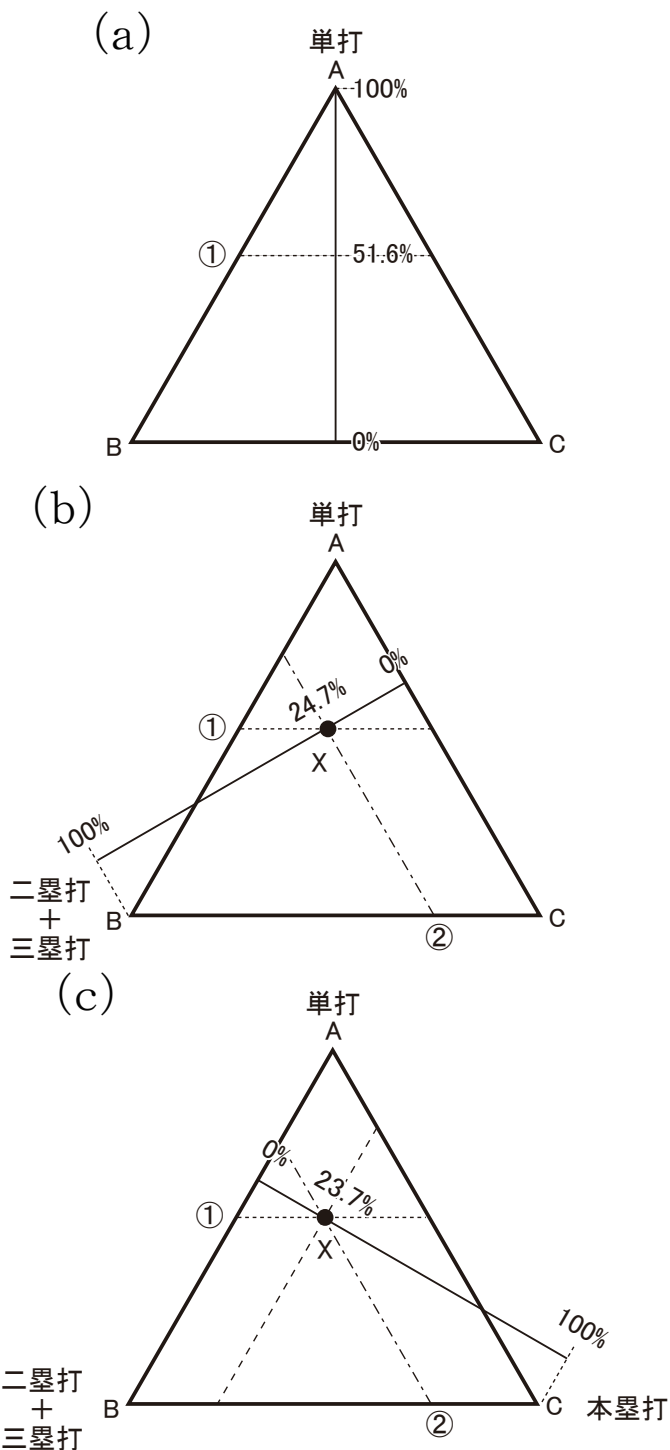


図 2 三角形のグラフの表し方 頂点を 100%、向かい合う辺を 0%とする目盛りを設定すると、(a) 一つ目の項目の割合、(b) 二つ目の項目の割合によって決まる点の位置は、(c) 自動的に三つ目の項目の割合を示す。

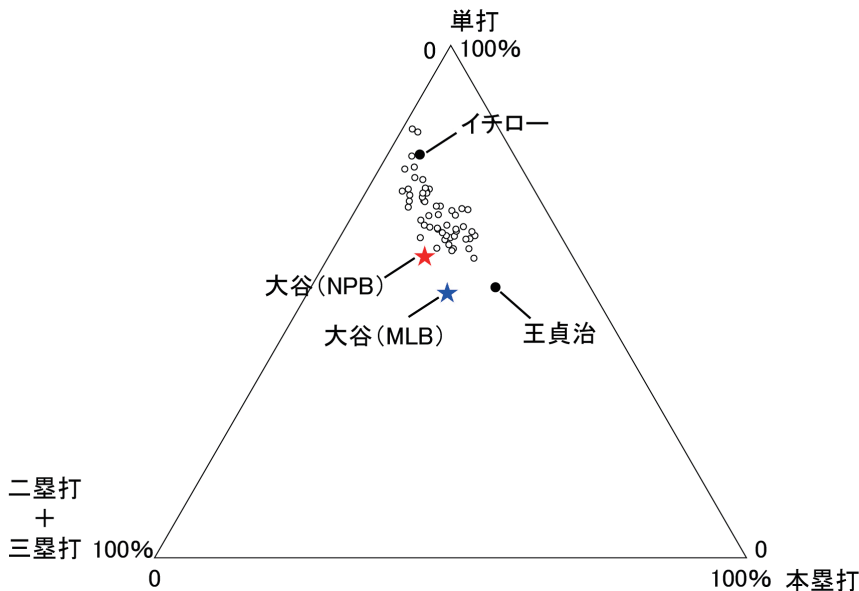


図3 大谷翔平選手と国内の主なプロ野球選手の打ったヒットの内訳の比較

した。

このモデルの提唱後も箱根の温泉開発は進みました。菊川ほか(2011)は、Oki and Hirano(1971)の発表後に開発された源泉も含めた強羅地域の温泉調査を実施しました。図4a、bは、それぞれ1960年代(大木ほか、1967)、2000年以降(菊川ほか、2011)の調査結果に基づき温泉に含まれる主要陰イオンの構成比を示した「三角形のグラフ」です。両者を比較すると、2000年以降の調査結果には、1960年代には

見られなかった HCO_3^- を特徴とする温泉が多数見られます。菊川ほか(2011)は、そのほかの検討も加えて、強羅地域の温泉を6つのグループに分類し直しており、グラフ上の位置もそのグループによって明らかに異なります。

「三角形のグラフ」は「三角図」とか「三角ダイヤグラム」と呼ばれており、多くの温泉サンプルについて3種類の温泉成分の関係性や特徴を一目で把握することができます。また、ある温泉の成分を示す点

がどこに決まるか？ 近い場所に点が決まる温泉の共通点は何か？ 等々、様々な視点から眺めたり、別な3項目の組み合わせで描いてみると、温泉研究の様々な解析で用いられる作図法の一つです。

■おわりに

最近「コラボ」という言葉を見聞きする機会が増えました。「コラボ」とは「コラボレーション(collaboration)」の略語で、デジタル大辞泉(小学館)によれば、<[名](スル)異なる分野の人や団体が協力して制作すること。また、制作したものをもいう。>と解説されています。一見関わりのないように思える二つの事が結びつくことで、今までにない価値観やモノが生まれた例は様々な分野で見受けられるようになりましたが、温泉研究での「三角形のグラフ」の活用も、数学の知識との「コラボ」と言えなくもありません。これからも、思わぬ「コラボ」が新たな研究のきっかけになるかもしれないことを頭の隅におきながら、様々な分野へ好奇心のアンテナを張り巡らせたいと思います。

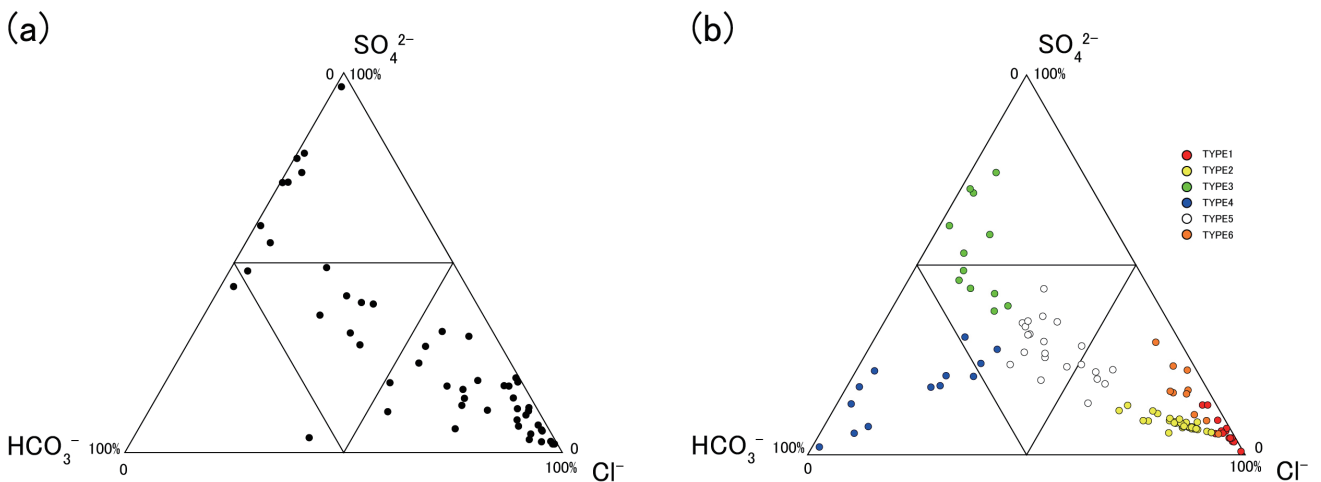


図4 (a)1960年代、(b)2000年以降の調査結果による箱根温泉の主要陰イオンの構成

■謝辞

図2 および図3の作成にあたってはアメリカ大リーグ機構のホームページ (<https://www.mlb.com/>)、日本野球機構のホームページ (npb.jp)、およびホームページ「2000本安打への道」 (<http://www2u.biglobe.ne.jp/~akichan/index.htm>) に掲載されたデータを用いました。

■参考文献

菊川城司、板寺一洋、吉田明夫 (2011) 箱根強羅潜在カルデラ内に湧出する温泉の新しい分類, 温泉科学, 60(4), 445-458.

大木靖衛、平野富雄、田嶋綾子 (1967) 箱根温泉の成因, 温泉研究所報告, 1(6), 35-50.

Oki, Y. and T. Hirano (1970) The geothermal system of the Hakone volcano, Geothermics, Special Issue 2, 1157-1166.