

4. リサーチレビュー 遺伝(子)情報 何がどこまでわかるのか

2) 生殖にかかわる最近の話題

(1) Y染色体多型による日本人男性分類と男性生殖戦略

座長：長崎大学教授
石丸 忠之徳島大学大学院医科学教育部
分子予防医学分野教授
中堀 豊広島大学教授
大濱 紘三

要 約

現代日本人は、1 万年以上前から日本列島に居住していた集団(原日本人 縄文系)と、3,000年前くらいから飛鳥時代にかけて主として朝鮮半島経由で渡来した集団(渡来人 弥生系)が混じりあって形成された。Y染色体は偽常染色体領域を除くと組換えを起こさず、父親から息子にそのまま伝わるため、男性の系譜の研究に有用である。我々は、Y染色体のDNA多型の組み合わせ(ハプロタイプ)から、日本人男性集団を分類している。日本には高い割合で存在するが朝鮮半島にはほとんど存在しないハプロタイプがあり、このY染色体は原日本人の主たる集団と考えられる。また、近年の研究より日本人のY染色体はこのハプロタイプに近いタイプ(縄文系)と、遠いタイプ(弥生系)に大別されること、この2集団のY染色体は世界全体のY染色体の分類から考えて、いわば黒人と白人くらい違うことが分かった。日本列島ではこの両者の割合は約1:1であり、意外なことに都市部においては顕著な地域差はない。演者はY染色体上の遺伝子は何らかの形でヒトの性淘汰に関わっているという作業仮説の下で、異なる系統のY染色体をもつ現代日本人男性間にみられる表現型の差について探索的に研究を行っている。また、その差を生じる、ゲノム構造の違いについても研究を進めている。縄文系と弥生系の男性間、または縄文系内、弥生系内で見られる表現型と適応度の差について紹介する。

男性の系譜

Y染色体は他の染色体とは様子が異なる。この染色体を Jobling and Tyler-Smith¹⁾は「非行少年」に例えている。すなわち、大した働きもせず、社会性に乏しく、不必要なところばかりが多く、だんだん退廃していく染色体であるという。

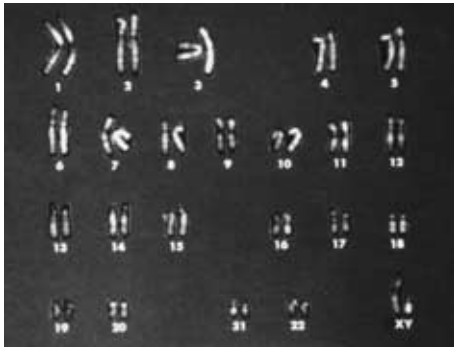
まず、図1でY染色体をみていただきたい。男性の染色体を並べたもの(核型)で最下

The Phenotypical Difference and the Competition between the Males of Different Y Chromosome Lineage

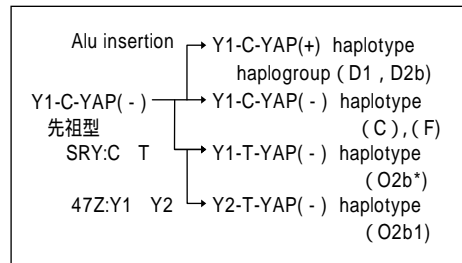
Yutaka NAKAHORI

Department of Human Genetics and Public Health Graduate School of Medicine Science the University of Tokushima, Tokushima

Key words : Y chromosome · DNA polymorphism · Jomon · Yayoi · Male lineage



(図1) ヒト染色体(男性, Qバンド). Y染色体は小型の染色体で, Qバンド(キナクリンで染めて蛍光で観察する)で強く光る部分が特徴的である. なお, この部分の長さには個人差があるが, ここには遺伝子はない.



(図2) 日本人のY染色体を3つのDNA多型(YAP, SRY, 47Z)で調べると, 4種類に分類できる. 左の先祖型から, それぞれの多型の組合せ(ハプロタイプ)が矢印の順でできあがったことが容易に推定できる. Haplotypeの下にhaplogroupは最近提唱された世界基準の分類にのっとったものである.

部右に性染色体をおいてある. Y染色体はX染色体と対をなす性染色体であるが, X染色体と比べて三分の一程度の大きさである. そして, キナクリンという色素で染めて蛍光で観察すると長腕の半分くらいが強く光ってみえる. 男性だけがY染色体をもつ. 常染色体は, それぞれ父親と母親に1本ずつ由来するが, Y染色体は父親からしかもらいようがない. したがって, 男性においてはX染色体は母親由来であり, 一方のY染色体は父親由来である. すなわち, Y染色体は父から息子, 息子からまたその息子と男の系統を伝わるもので, いわゆる「万世一系」である.

例えば, 5万年前にある男性に二人の男子ができたとする. 二人のY染色体の元になったY染色体はもちろん元の男性のものであり, 世代を伝えるうちに何の変化も起こらなければ, 二人のY染色体は5万年経っても全く同じものとして伝わっているはずである. これに対して, 一对の常染色体は卵や精子を作る減数分裂で必ず組換えを起こすから, 先祖のものがそのままの形で伝わっていることはない. では, ある変化が一人の男性のY染色体に生じるとどうなるか? その男性からY染色体を受け継ぐ男性はすべてその変化を受け継いでいる. したがって, 現存するY染色体の多型を調べると, 途中で起きた変化と, それぞれのY染色体の系統関係が確実に分かるのである. 実際に, 日本人でよくみられる3つの多型を使って調べると, 4つのタイプに大分類することができ, その中で先祖型, 派生型が分かり, 図2に示す系統樹のようなものが描ける²⁾.

Y染色体の多型は常染色体に比べて少ない. この理由としてさまざまな説があるが, 演者が一番こだわっている説明は次のようである. Y染色体上に新しい遺伝子が現れて, それが子孫を残すために有利な形質をもつようなものであったなら, その男性は他の男性よりもより多くの子孫を残せるであろう. それがどのようなものかは分からないが, ある新種のY染色体が出現することによって, 従来型のY染色体が減び, 新しいY染色体が集団中に定着する.

適応度(fitness)といわれるこのような考え方は進化の考え方としては, きわめてポピュラーなものである.

Y染色体と精子濃度

Y染色体上の遺伝子の多型があれば、それが男性の表現型に影響する可能性がある。最も考えやすいのは現在Y染色体上にマップされている27種類の遺伝子(本当に働いているものはもっと少ないと思われる)における多型が表現型に影響を及ぼし、他のY染色体に比べて適応度の高いY染色体が現れる場合である。そうすると、それが他のY染色体を駆逐するのか、またある染色体が駆逐された例があるかということに興味もたれる。実は、違う系統のY染色体をもつ人たちにおいて、精子濃度が異なる³⁾ということを1999年に私たちが報告した。精子濃度が薄い系統は、無精子症になりやすい系統でもあった。精子濃度の濃い薄いが即、子孫を残す可能性に影響を及ぼすとは思えないが、薄いよりも、濃い方がよいような気も確かにする。

縄文人と弥生人

日本人が縄文系と弥生系の二つの大きな流れからできていることは、埴原の二重構造説にまとめられ⁴⁾、解説の本⁵⁾も出ている。すなわち、2万5千年以前から日本列島に居住し、1万年前にはあまねく広がっていた原日本人が縄文人で、3,000年くらい前から飛鳥時代にかけて朝鮮半島経由でどんどん流入したのが弥生人である。比較的近縁のアジア人の二集団をイメージしていたが、最近の研究から世界のY染色体の関係が分かってきて、日本にはとても離れた2つのグループのY染色体が同居していることが分かった。常染色体については日本人は入り混じった状態で、その人が弥生系の血が濃いか、縄文系の血が濃いかというような話はでてこない。ところが、Y染色体だけは、2つの大きな流れのどちらかの系統に簡単に区別できる。ちなみに、上述の精子濃度が少ない集団は、明らかに縄文系の一派に分類される⁶⁾。

このような混ざり合いには地理的勾配があるのが当然と考えられるのに、田舎は別にして、私たちが調べた日本の6都市では、どこでも1:1より少しだけ弥生人が勝っている状況が存在する。また、弥生人の中でも、ある一派は他の一派に比べて常に倍のシェアを誇っている。このように互いの比が一定するには、なんらかのバランスが働いたとしか思えない。

それぞれのY染色体をもつ男性にどのような表現型の違いがあり、なぜ現在の日本社会で互いのバランスを保って存在しているか研究は途上である。

《参考文献》

- 1) Jobling MA, Tyler-Smith C. The human Y chromosome: an evolutionary marker comes of age. *Nat Rev Genet* 2003; 4: 598
- 2) Shinka T, Tomita K, Toda T, Kotliarova SE, Lee JW, Kuroki Y, Jin DK, Tokunaga K, Nakamura H, Nakahori Y. Genetic variations on the Y chromosome in the Japanese population and implications for modern human Y chromosome lineage. *J. Hum Genet* 1999; 44: 240-245
- 3) Kuroki Y et al. Spermatogenic ability is different among males in different Y chromosome lineage. *J Hum Genet* 1999; 44: 289
- 4) Hanihara K. Dual structure model for the population history of the Japanese. *Japan review* 1991; 2: 1
- 5) 埴原和郎. 日本人の誕生 人類はるかな旅. 吉川弘文館, 1996
- 6) Hammer MF, Horai S. Y chromosomal DNA variation and the peopling of Japan. *Am J Hum Genet* 1995; 56: 951