

## DNA 鑑定 of 落とし穴

### DNA's identity crisis

NATASHA GILBERT 2010年3月18日号 Vol. 464 (347-348)

DNA 鑑定は科学捜査における究極の判定材料だと考えられている。しかし、犯罪現場に残された極めて微量の DNA を同定することに対して、疑問が投げかけられている。DNA 鑑定はどこまで信頼性があるのだろうか。

2006年10月13日の昼下がり、英国北ヨークシャーに住む Peter Hoe が自宅で刺し殺されているのが発見された。この事件では、遺体の近くにあったプラスチック片から採取された少量の DNA から、Terence Reed と David Reed の兄弟がこの殺人に関与しているとされ、翌2007年、有罪判決を受けた。

ところが2009年、この判決に対する控訴審で、ごく少量の遺伝物質から DNA プロファイルを得る「低コピー数解析」という技術の信頼性や解釈に関して疑問が提示された。控訴審で、Reed 兄弟の弁護士は次のように主張した。

この鑑定を担当した Forensic Science Service (FSS) 社 (英国バーミンガム) の Valerie Tomlinson は、Reed 兄弟の DNA がどうやってプラスチック片 (2本のナイフの柄が壊れたものだと考えられた) に付着したのかまで推測したが、これは彼女の業務を逸脱している、と。控訴は2009年12月に却下されたが、こうした微量の DNA から容疑者を特定できる方法については、現在、もっと重大な疑問が浮かび上がっている。

Peter Hoe 事件は、研究者や法律関係者の間に低コピー数解析を巡る激しい論争があることを、社会へ知らしめたごく

最近の事例である。一部の関係者は、低コピー数解析によって得られる DNA プロファイルは再現性がないうえに汚染されやすく、また正確性を科学的に判断する有効な手段がないと主張している。加えて、鑑定に用いられた手法や手順は捜査機密というベールで覆い隠されている。そのため、法医科学研究者の中には、この慣行そのものの見直しとまではいかずとも、少なくとも得られた DNA プロファイルの解釈について見直すよう求める者もいる。

捜査で低コピー数解析が認められている国は、英国やニュージーランドなど

一握りにすぎないが、適用された事例は数多い。FSS社によれば、この技術が1990年代後半に開発されて以来、同社は2万1000件を超える重大な刑事事件に用いてきたという。低コピー数解析の有効性を支持する最近の控訴審から、裁判所はこの解析法をますます採用するようになるだろうと考えられる。しかしなかには、この解析法がより広く容認されることで、DNAプロファイリングが科学捜査の中心的基準だとする、20年をかけて築かれた高い評価が脅かされるのではないかと考える関係者もいる。一般市民の印象に反して、「DNAは完璧な証拠ではない」と、Innocence Projectの共同責任者であるPeter Neufeldはいう。この組織は、ニューヨークに拠点を置く権利擁護団体で、不当な有罪判決を覆すためにDNAの証拠をもっと広く利用することをよびかけている。

英国の遺伝学者Alec Jeffreysは、1980年代にDNAのプロファイリング法を開発した。DNAプロファイルは、ゲノム全域に散在する、縦列型反復配列（STR；マイクロサテライトともよばれる）という短いDNA反復配列のパターンで表される。反復数は個人差が大きいので、これらのSTRの長さも人によってさまざまである。したがって、科学捜査官はいくつかのSTRについて反復数のピークを調べることで、犯罪現場に残されたDNAが容疑者のものかどうかを、確率として算出することができる。

### 遺留細胞はごくわずか

STRを検出可能レベルまで増幅するために、ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）が使われる。PCRで増幅したDNAは電気泳動により大きさ（長さ）に従って分別される。それぞれの大きさのSTRは、電気泳動ゲルや解析グラフ上の決まった位置にバンドやピークとして現れ、これをデータベースや個人のもものと比較検討することができる。

標準的なDNA解析には、およそ200ピコグラム（1ピコグラムは1兆分の1

グラム）のDNAが必要とされ、これは細胞にして33個分、染色体数が体細胞の半数（半数体）の精子ではその2倍の個数に相当する。通常、血液や精液といった目に見える試料からは、十分な量以上のDNAが得られる。しかし、ほんの数個の細胞からでもDNAプロファイルを作成できるようにするために、解析の精度を上げる方法が開発されてきた。そのなかには、より多くのDNAコピーを得るためにPCRの回数を増やしたり、残留試薬を試料から除去したり、PCRで増幅したDNAをより多く高い純度で精製したりする方法がある。多くの場合、低コピー数解析開始時の試料の量は不明確である。同じくPCRに基づく定量法では、DNAが存在しないことも示せるが、検査官は少なくとも部分的なプロファイルを作成することができるだろう。こうした精度の高さは、すばらしいものだが、マイナスの側面も伴う。

どの試料であっても、解析中には、結果を歪めるような大なり小なりのランダムな変動が生じてしまう。オリジナルの試料に存在するはずのSTRが現れないという、「ドロップアウト」効果が起こる可能性もある。逆に、試料に存在しないSTRがプロファイルに現れる場合もある。この「ドロップイン」効果は、汚染によって起こりうる。

しかしながら、これらの確率的影響は容易に見つかり、標準的解析から除外できる。総括的な解析に十分なDNAが存在し、また、一般に本物のSTRからの強いシグナルは、ドロップイン効果で見られるぼんやりしたピークと明らかに区別することができるからだ。しかし、たとえうっすらとしたシグナルでも、本物のシグナルが出そうな場所に近いところにあったなら、人為的に増幅されて、それらしく見えてしまうだろう。

米国連邦捜査局（FBI）の元科学捜査官で、現在は北テキサス大学（米国フォートワース）で科学捜査にかかわる遺伝学を研究しているBruce Budowleは、Reed兄弟の控訴審で低コピー数解析に

批判的な証拠を提出した。彼は、低コピー数解析において1つのシグナルが真実かどうかを判定する方法の正当性はまだ確認されていない、と主張している。

低コピー数解析では、科学捜査官は通常、限られた量のDNA試料を2つか3つに分割し、そのうち2つを解析する。もし可能であれば、3番目の試料は弁護側のために保存される。解析結果に完全な再現性はなく、プロファイルは符合しないことがしばしばであり、捜査官は一般に、2つの解析で現れたSTRシグナル群を真実のものとして認める。この慣行が気になるのだとBudowleはいう。「このやり方のロジックはわからなくはないが、その信頼度はまだ評価されていないのです」。

### 個人に内在するバイアス？

科学捜査によくある慣行は、誤ったバイアスをかけることにもつながりかねないと、ライト州立大学（米国オハイオ州デイトン）の分子進化学者Dan Kraneはいう。「科学捜査官たちの話では、一緒に調べる参照用の試料があれば、試料DNAに由来するものとノイズとを区別するのは、簡単だといいます」と彼は話す。低コピー数解析法でもほかの解析法でも、多くの場合参照用試料は容疑者のDNAであり、犯罪現場で採取された試料に現れた不鮮明なピークは、容疑者由来の強いピークと並べてみることで、いかにも同一らしく見えてしまう可能性がある。Kraneによれば、解析手順内に盲検を行うことになっている研究所は、米国内でわずか2か所だけだという。

低コピー数解析法を使う科学捜査研究所は、結果の解釈に関するガイドラインを明らかにしながら、そのため批判の声が高まっている。Budowleは、科学捜査研究所には詳細事項の開示を義務付けるべきだという。彼は、この解析技術の再現性に関する問題を踏まえて、これらの解析手順が揺るぎなく信頼できることが絶対に必要だと主張する。しかし、「実際に何をやっている



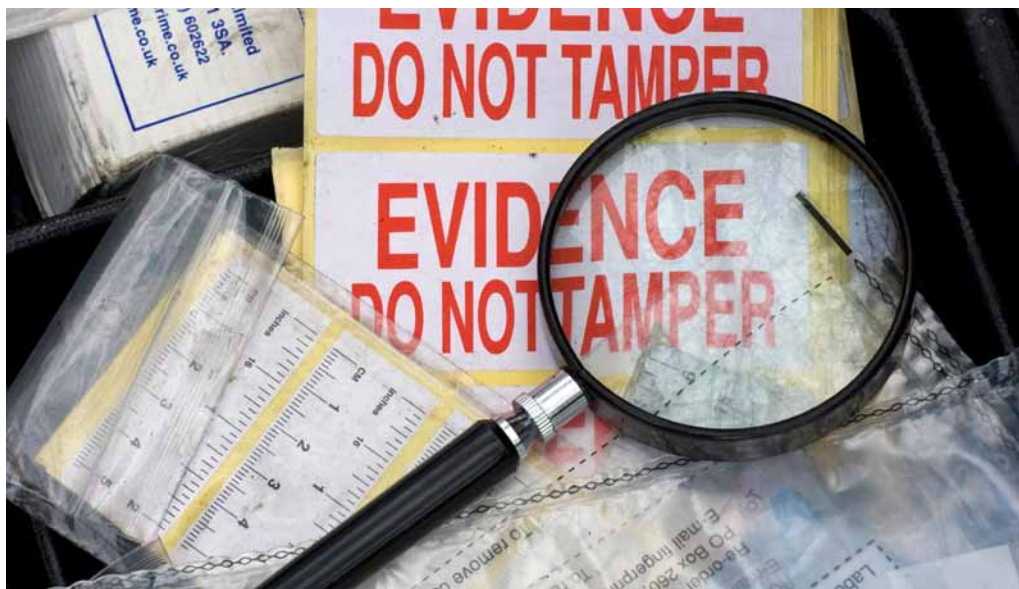
かを開示している科学捜査研究所は皆無です。機密情報だということです」と Budowle は話す。

FSS 社には何度かインタビューを申し込んだが、回答はなかった。以前 FSS 社で低コピー数解析法を開発し<sup>1</sup>、現在はストラスクライド大学（英国グラスゴー）在籍の法医学者 Peter Gill は、低コピー数解析の科学的な質に「問題はない」という。低コピー数解析があまりに高感度であるために、通常の方法で解析する場合よりもドロップイン効果とドロップアウト効果が目立ってしまうというのだ。深刻な問題は、清浄な条件で解析を行うことと、ネガティブ・コントロールをモニターすることで回避できるはずである。

ドロップイン効果とドロップアウト効果は、統計学的に調整することも可能であり、人間による判断への依存度を軽減できると彼はいう。しかし、こうした確率的影響に対処した確率理論は、科学捜査の領域ではまだ使われていない。統計学者には既存の理論を科学捜査へ応用するだけの研究資金がないのだと、Gill は話す。「残念ながら、より正しい解釈を可能にするツールの開発は、この 10 年間の科学捜査の進歩に追いつけていないのです」。

こうしたあらゆる懸念から、いくつかの国は、低コピー数解析を用いることに慎重になっている。米国 FBI は 2001 年、低コピー数解析は、行方不明者と思われる人骨の身元確認など、米国内の特定の事例に限って使用するよう推奨した。

低コピー数解析の使用は、英国でも論議をよんでいる。Sean Hoey は、1998 年に北アイルランドのオマーの中心街で起こった爆破事件で、29 人を殺害した罪で告訴された。彼に対する申し立ての中心になったのは、このテロで使われた爆弾の部品に残された DNA の低コピー数解析だった。Hoey は、2007 年に控訴審で釈放された。この事件を担当した裁判官は、「低コピー数解析法の科学的、方法論的妥当性の現状に関する懸



念」を表明し、英国の裁判所での採用が停止された。

しかし、2008 年に英国で発表された再検討結果で、低コピー数解析法は「着実な解析」であり、「目的になっっている」と結論付けられ、再び採用されるようになった<sup>2</sup>。2009 年 3 月、米国カリフォルニア州のある裁判官は、低コピー数解析の結果の解釈に用いられる手順や統計手法は科学的見地から容認できないとし、この種の証拠は認められないと裁定した。その一方で、最近、ニューヨーク州最高裁判所の裁判官は、ある殺人の裁判で、低コピー数解析の DNA の証拠を排除すべきだという申し立てを拒否し、この解析技術は信頼できるものだとする裁定を下している。

法廷は低コピー数解析の科学を討論する最適な場ではないと、英国グラスゴーにある法医学研究所の所長、Allan Jamieson はいう。同研究所は、英国警察に科学捜査サービスを提供している。

Reed 兄弟やオマー爆破事件の裁判で証拠を提出した Jamieson は、法医学研究者たちは、解析手順を確認して、低コピー数解析によって明らかになった諸問題をさらに調べるべきであり、そうすることで初めて、研究者も法廷も解析結果を信頼できるのだと話す。「ある物体に誰かの DNA が付いているからといっ

て、その人物が触ったとは限らないのです。しかし、一般の人々はそうは思いません」と Jamieson はいう。Reed 兄弟のケースでは、兄弟が問題のナイフのプラスチックの柄に直接触ったのか、それとも、彼らの DNA が誰かほかの人物の接触を介して間接的に運ばれたのか、あるいは「くしゃみ」によって飛んだのかということが、争点となった。

Budowle によれば、「低コピー数解析を使っても、その組織が誰に由来するものなのかまでは言及できない」のだという。裁判事件で低コピー数解析の結果を解釈するとき、科学捜査官は「その境界線を踏み越えてしまうのです」と彼は話す。しかし、Gill は意見を異にする。「科学捜査官は法廷で、その証拠が何を意味するのかを説明すべきであり、その DNA がどうやって付着したのか、その可能性すべてを説明する責任があります。その後、判断を下すのが裁判所なのです」と彼はいう。この議論はまだまだ続きそうである。■

(翻訳：船田晶子)

Natasha Gilbert はロンドン在住のライター。

- Gill, P., Whitaker, J., Flaxman, C., Brown, N. & Buckleton, J. *Forensic Sci. Int.* **112**, 17-40 (2000).
- Caddy, B., Taylor, G. R. & Linacre, A. M. T. *A Review of the Science of Low Template DNA Analysis* (Home Office Forensic Science Regulation Unit, 2008).