

# 遺伝子診断における非対称情報構造の存在 —生命保険市場における「遺伝子による差別」 の発生メカニズム—

曾我亘由\*

神戸大学経済経営研究所

## 概要

この論文では、ヒト・ゲノム解析計画によって遺伝子情報が解明された世界を考え、生命保険市場において、保険会社が加入者に対して、審査目的で遺伝子診断を行うときの均衡分析を試みた。しかしその際、保険会社が遺伝子診断による保険契約を提示できたとしても、契約者と保険会社の間には情報の非対称構造が存在する点に注目し、このような状況での均衡形態について考察した。その結果、このモデルにおいて、均衡はいかなる場合においても存在することが結論として導かれた。しかし、このとき、遺伝子診断の受診率の変化に応じて、逆選択とは全く異なる均衡が存在することを示し、この均衡に基づいて、現実問題として不安視されている、「遺伝子による差別」の発生メカニズムについて考察する。

## 1 はじめに

数十年前まで、一般的に遺伝病とは、ある特定の家系によって受け継がれるものであり、それ以外の家系には無関係のものと思われていた。しかしながら、ヒト・ゲノム解析計画 ( Human Genome Project ) や民間の遺伝子の解析機関の研究によって、ガンをはじめ、我々のかかる病気のほとんどに、遺伝子が関係していることが判り始め、いまや遺伝病の概念は変わりつつある。

1999年12月、ヒト・ゲノム解析計画の研究成果として、ヒトの第22番染色体のすべての構造が明らかになったことが、科学雑誌 Nature に掲載され社会の注目を集めた。この染色体からは、白血病、白内障、骨ガンに関する遺伝子をはじめ22種類の病気に関する原因遺伝子が発見された。

ヒト・ゲノム計画による、ヒトの遺伝情報の解明は、医療をはじめとして、様々な分野にその貢献をもたらすと期待されている。特に遺伝子治療は、次世代の治療方法として大きな注目を集めている。しかしながら、同時に我々の社会への影響も無視できない。具体的には、個人の遺伝子情報に基づく新たな差別の問題が懸念されており、特に労働市場、生命保険市場では、遺伝子情報に伴う情報構造の変化によって、市場均衡に大きな影響を与えることが考えられる。

従来までの経済分析では、異なる経済主体の間の情報は、非対称的であるのが一般的であった<sup>1</sup>。しかし、生命保険市場において、遺伝子診断を導入するということは、情報の構造を非対称から対称構造へと変化させる。金田

\* 曾我亘由. 神戸大学経済経営研究所. E-mail : sogai@rieb.kobe-u.ac.jp

(2000a) では遺伝子診断が可能となった世界を考え、対称情報構造における均衡分析を行い、結果として遺伝子診断を受ける契約者と受けない契約者に対して、保険会社は各契約者にとって最適な契約を提示できた。

しかしながら一般的に、ある病気について、遺伝子診断を受けた契約者は、仮に疾患があることが判明した場合、遺伝子診断を受けていないと虚偽の申告をすることが考えられる。このとき保険会社は、受診しない契約者が、本当に受診を望んでいない契約者なのか、それとも疾患があると知った上で虚偽の申告をしている契約者なのか観察できない。すなわち、遺伝子診断が実現した世界でも、情報に関して非対称構造が存在するのである。このとき、生命保険市場において均衡はどのような形態をとるだろうか。

この論文では遺伝子診断の導入された世界において、情報の非対称性が存在する場合の均衡分析を行う。第2節、3節ではモデル、ならびに対称構造における均衡について言及する。第4節では、非対称構造における均衡分析を行うが、結論の一つとして、均衡はいかなる場合でも存在することを示す。また、分離契約が均衡になる可能性を示すが、場合によっては、この契約は均衡とはならず、遺伝子に疾患のない契約者のみが加入できる契約が均衡となることを示す。さらにこの均衡は、従来の、均衡が逆選択に陥る場合とは全く逆の均衡であり、その解釈は、従来までの経済学的解釈とは異なるものとなる。第5節では結論を述べ、新たな社会問題として懸念されている「遺伝子による差別」の問題について議論する。

## 2 モデル

モデルの基本的構造は Rothschild and Stiglitz (1976) に従うものとするが、ここでは遺伝子の機能が解明された世界の保険市場について考える。病気  $I$  は1種類とする。 $I$  は遺伝子に関する情報  $g$  に疾患があるかないかによって、死亡する確率が異なると考える。また個人  $j$  の病気  $I$  の遺伝子に関する情報を  $g_j$  とし ( $j = 1, \dots, m$ )、遺伝子の疾患の有無を個人のタイプとする。

情報の構造は従来までの非対称構造、すなわち契約者は自分のタイプを知っており、保険会社は契約者のタイプを観察できない構造とは異なり、契約者自身も自らのタイプを事前には知らず、遺伝子診断によって自分のタイプを知ることができるとする。つまり契約者は自らのタイプを、遺伝子診断を受けることによって知ることができ、受診しなければ、たとえ契約者自身でも自らのタイプについて知ることができないとする。すなわち  $g_j \in \{0, 1, 2\}$  とし、 $g_j = 0$  ならば、診断の結果遺伝子に疾患はないとし、 $g_j = 1$  ならば、遺伝子に疾患があるとする。また契約者が受診しない場合、 $g_j = 2$  とする。また、ここでは、契約者の遺伝子診断の受診率を  $1 - \gamma$ 、すなわち受診しない契約者の割合を  $\gamma$  とおき、契約者の受診の選択は外性的に決定されるとする<sup>2</sup>。

契約が成立するまでの過程は、病気  $I$  に対する契約者のタイプが決定され、

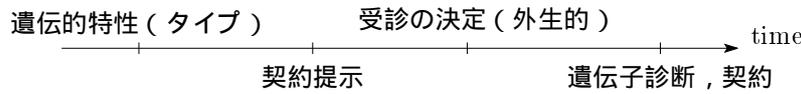


図 1

保険会社はその病気に対する契約を提示する。遺伝子診断を受診するかしないかは外生的に決定され、受診した契約者は、遺伝子診断機関での診断結果を保険会社に提示しなければならない。また、受診しない契約者も、遺伝子診断を行っていないという診断結果（証明書）を提出しなければならない。そして、保険会社は遺伝子診断の結果に応じて契約内容を提示し、最終的に、契約者は保険に加入するかしないかを決定する（図 1）。

契約者  $j$  が加入する保険は遺伝病に対する生命保険とし、契約者の購入できる保険は 1 口のみとする<sup>3</sup>。契約者は 2 つの状態（状態 1、2）に直面し、状態 1 は生存状態であり、そのときの所得を  $c_1^0$ 、これに対して状態 2 を死亡状態とし、そのときの所得を  $c_2^0 (= 0)$  とする。初期状態はすべての  $j$  に対して等しいとする。

この契約者が状態 2（死亡）に備えて保険に加入する状況を考える。すなわち、初期の所得状態を、一定の交換比率  $p$  で  $c = (c_1, c_2)$  に交換する。つまり、契約者は加入時に保険料  $c_1^0 - c_1$  を支払い、契約者が死亡したとき、保険金  $c_2 - c_2^0$  が支払われる。この交換比率  $\frac{c_1^0 - c_1}{c_2 - c_2^0} \equiv p$  を保険プレミアムとする<sup>4</sup>。

さて、契約者に対して次のようなグループを定義する。

定義 2.1

$$H = \{j | g_j = 0\}$$

とする。このとき  $j \in H$  であれば、 $j$  は  $H$  グループに属するとする。同様に、

$$L = \{j | g_j = 1\}$$

とする。このとき  $j \in L$  であれば、 $j$  は  $L$  グループに属するとする。さらに、

$$Q = \{j | g_j = 2\}$$

とする。このとき  $j \in Q$  であれば、 $j$  は  $Q$  グループに属するとする。

つまり、受診した契約者について、疾患遺伝子を持った契約者を  $L$  グループ、遺伝子に疾患がない契約者を  $H$  グループ、受診しない契約者を  $Q$  グループに分類する<sup>5</sup>。

契約者  $j$  がその病気  $I$  で死ぬ確率を  $\pi_j$  とする ( $j = 1, \dots, m$ )。  $\pi_j$  について次の仮定をおく。

仮定 2.1 任意の  $j$  に対して、  $\pi_j = \pi_\eta$ ,  $\eta = L, Q, H$

すなわち、受診した契約者が状態 2 に直面する確率は、 $H$  グループであれば  $\pi_H$ 、 $L$  グループであれば  $\pi_L$ 、契約者が受診しない場合、 $Q$  グループの状態 2 に直面する確率は  $\pi_Q$  とし、 $\pi_L > \pi_Q > \pi_H$  とする。 $\pi_\eta$  は、各グループ内の契約者で等しいとする<sup>6</sup>。また、病気  $I$  における、市場全体での遺伝子疾患をもつ契約者の割合を  $\delta$  とし、 $\pi_Q$  を、

$$\pi_Q \equiv \delta\pi_L + (1 - \delta)\pi_H \quad (1)$$

とする<sup>7</sup>。 $\gamma$ 、 $\delta$  については契約者、保険会社ともその正確な値を知っているとする。また  $\delta$  と  $\gamma$  の関係から、市場における各グループの割合は、

$$L : Q : H = \delta(1 - \gamma) : \gamma : (1 - \delta)(1 - \gamma) \quad (2)$$

となり、各グループの割合をそれぞれ  $w_L \equiv \delta(1 - \gamma)$ 、 $w_Q \equiv \gamma$ 、 $w_H \equiv (1 - \delta)(1 - \gamma)$  とおく。契約者の効用関数を、

$$EU(c_1, c_2, \pi_\eta) = \pi_\eta u(c_2) + (1 - \pi_\eta)u(c_1), \quad \eta = L, Q, H \quad (3)$$

とし、契約者は危険回避的とする。また、期待効用関数は凹関数とする。

ここで、契約者のある効用のもとで任意の  $c = (c_1, c_2)$  における限界代替率を  $MRS(\eta)$  とし、

$$\begin{aligned} MRS(\eta) &\equiv - \left. \frac{dc_1}{dc_2} \right|_{\bar{v}} = \frac{\partial EU(c_1, c_2, \pi_\eta) / \partial c_2}{\partial EU(c_1, c_2, \pi_\eta) / \partial c_1} \\ &= \frac{\pi_\eta u'(c_2)}{1 - \pi_\eta u'(c_1)}, \quad \eta = L, Q, H \end{aligned} \quad (4)$$

とする。また、 $\pi_\eta$  について  $\pi_L > \pi_Q > \pi_H$  より、次の (5) が成り立つ。

(*sorting - condition*)

任意の  $c = (c_1, c_2)$  において、

$$\frac{\partial}{\partial \pi_L} MRS(L) > \frac{\partial}{\partial \pi_Q} MRS(Q) > \frac{\partial}{\partial \pi_H} MRS(H). \quad (5)$$

すなわち、ある効用のもとでの契約者の限界代替率の傾きは、 $L$  グループ、 $Q$  グループ、 $H$  グループの順に急になる<sup>8</sup>。

保険会社は危険中立的とし、完全競争を仮定する。すなわち保険会社は市場へ自由に参入でき、どのような契約者（例えば  $H$  グループや、 $QL$  グループのみなど）とも契約を結ぶことができるとする。また、保険会社は遺伝子診断機関の診断書をもとに、契約者を  $L$  グループ、 $H$  グループ、 $Q$  グループのいずれか判断する。保険会社が  $\eta$  グループに属する人と契約したときに得られる期待利潤は、

$$\Pi(c_1, c_2, \pi_\eta) = \pi_\eta(c_2^0 - c_2) + (1 - \pi_\eta)(c_1^0 - c_1), \quad \eta = L, Q, H \quad (6)$$

とする。

以上のような設定のもとで均衡を以下のように定義する。

定義 2.2 契約  $\{\lambda, \mu, \nu\}$  について、 $L$  グループは  $\lambda$ 、 $Q$  グループは  $\mu$ 、 $H$  グループは  $\nu$  に加入するとする。病気  $I$  に対して、契約  $\{c_L^*, c_Q^*, c_H^*\}$  が均衡であるとは、

任意の  $\eta = L, Q, H$  に対して、

1.  $\sum_{\eta \in L, Q, H} w_\eta \Pi(c_{1\eta}^*, c_{2\eta}^*, \pi_\eta) = 0$
2.  $\sum_{\eta \in L, Q, H} w_\eta \Pi(c_{1\eta}, c_{2\eta}, \pi_\eta) \geq \sum_{\eta \in L, Q, H} w_\eta \Pi(c_{1\eta}^*, c_{2\eta}^*, \pi_\eta)$

かつ

$$EU(c_{1\eta}, c_{2\eta}, \pi_\eta) \geq EU(c_{1\eta}^*, c_{2\eta}^*, \pi_\eta)$$

かつ

$$\max \left[ \sum_{\eta \in L, Q, H} w_\eta \{ \Pi(c_\eta, \pi_\eta) - \Pi(c_\eta^*, \pi_\eta) \}, EU(c_\eta, \pi_\eta) - EU(c_\eta^*, \pi_\eta) \right] > 0$$

となるような契約  $\{c_L, c_Q, c_H\}$  は存在しない。

3. 任意のグループ  $\eta = L, Q, H$  に対して、

$$EU(c_{1\eta}^*, c_{2\eta}^*, \pi_\eta) \geq EU(c_{1\eta}^0, c_{2\eta}^0, \pi_\eta)$$

かつ

任意のグループ  $\zeta = L, Q, H$  に対して、

$$EU(c_{1\eta}^*, c_{2\eta}^*, \pi_\eta) \geq EU(c_{1\zeta}^*, c_{2\zeta}^*, \pi_\eta)$$

となることをいう<sup>9</sup>。

すなわち、競争市場の仮定より、均衡において保険会社の期待利潤はゼロとなる。さらに、均衡よりも大きな利潤を保証し、かつ任意の契約者により大きな効用をもたらす、すなわち任意の契約者、保険会社の両主体がパレート改善できるような新たな契約は存在しない<sup>10</sup>。さらに、均衡では IR 条件、IC 条件を満たすとす<sup>11</sup>。

### 3 ベンチマーク：対称情報構造における均衡

まず、対称的な情報構造における均衡について考察する。これは、完全情報、すなわち契約者は遺伝子診断の結果を正確に申告し、保険会社は診断結果に基づいて契約者のグループを強制的に分離できる状況である。このとき、均衡を  $\{c_L^*, c_Q^*, c_H^*\}$  とおくと、 $c_\eta^*$  は、

$$\frac{\pi_\eta}{1 - \pi_\eta} \frac{u'(c_{2\eta}^*)}{u'(c_{1\eta}^*)} = p_\eta^*, \quad \left( p_\eta^* \equiv \frac{\pi_\eta}{1 - \pi_\eta}, \eta = L, Q, H \right) \quad (7)$$

を満たす。これは、利潤 = 0 すなわち、 $p_\eta = \frac{\pi_\eta}{1 - \pi_\eta}$  のもとでの期待効用最大化のための必要条件であり、結果的に (7) は  $c_{1\eta}^* = c_{2\eta}^*$  を満たす<sup>12</sup>。

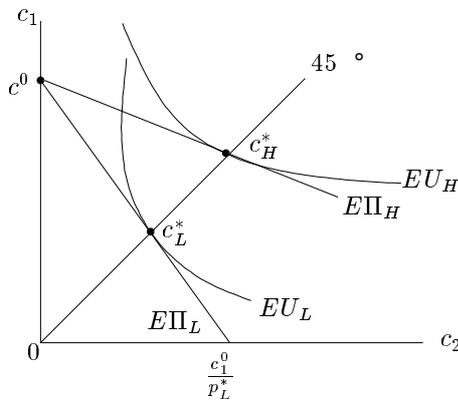


図 2-1

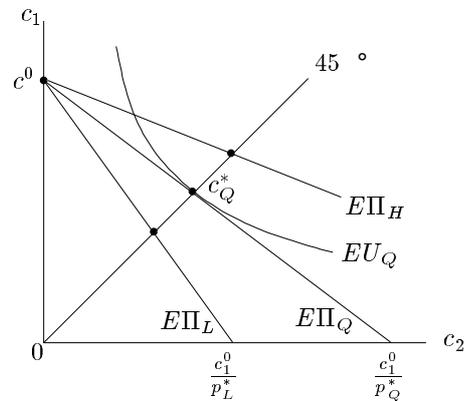


図 2-2

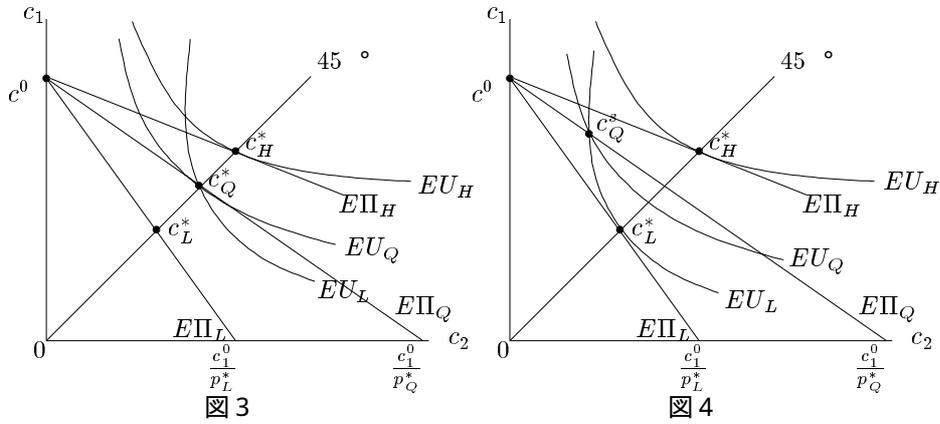
なお、この状況を図示すれば、図 2-1、2-2 のようになる。ただし、 $c_\eta^*$  は各グループの最適保険契約を示しており（印「\*」は完全保険を指しており、以下の図について同様とする）、 $E\Pi_\eta$  は傾き  $-\frac{\pi_\eta}{1-\pi_\eta}$  の機会線を指す。また、 $EU_\eta$  は各グループの無差別曲線を指す（ $\eta = L, Q, H$ ）。

病気  $I$  に対して遺伝子診断を受けた場合、契約者は自分のタイプがわかり、保険会社も診断書の記載内容から契約者のグループがわかる。このとき、 $H$  グループには  $c_H^*$ 、 $L$  グループには  $c_L^*$  を課すことができ、これらの契約が均衡となる。（図 2-1）。

一方、遺伝子診断を受けない場合、保険会社だけでなく契約者も自らのタイプが明らかではない。すなわち契約者は  $Q$  グループであり、保険会社は遺伝子診断を受けていないという証明書をもとに、契約  $c_Q^*$  を提示でき、この契約は均衡となる（図 2-2）。

ここでは、受診して  $L$  と判った契約者が「受診していない（ $Q$  である）」もしくは「 $H$  である」など虚偽の申告はできない。というのは、仮に、受診して  $L$  と判った契約者が「受診していない」と申告する場合、診断をしていない証明書が必要である。しかし、遺伝子診断機関では、個人の受診の履歴は正確に判別できるのである。つまり、受診しない契約者は、過去にさかのぼっても受診していないことが判るため、受診して  $L$  と判った契約者が、虚偽の申告を行うことはできないのである。

すなわち、情報の構造は対称的となり、均衡では  $c_{1\eta}^* = c_{2\eta}^*$  を満たす。また  $c_\eta^*$  から任意の契約者、保険会社の両主体がパレート改善するような新たな契約は存在しない。さらに、 $c_\eta^*$  は IR 条件を満たしており、自分のグループについて、契約者は虚偽の申告をすることはできないため IC 条件を満たしている。よって、それぞれのグループの契約者への完全保険、すなわち  $c_{1\eta}^* = c_{2\eta}^*$  が均衡となる。



#### 4 非対称情報構造の存在と均衡

前節では、保険契約をするときに遺伝子診断の結果を利用することが可能な状況における均衡の分析について言及した。ここでは、それぞれのグループの、診断結果の正確な申告のもとに、完全保険の状態を達成できた。

しかし、ここで、契約者は本当に正確な申告をするとは限らないという問題が生じる。前節のように、診断結果の履歴が完全に判れば問題はないが、実際には、遺伝子診断を受けて  $L$  と判った契約者に、「受診していない」と申告するインセンティブが働くのは自然な現象だろう。

ここからは、保険会社は、契約者の遺伝子診断の結果に基づいた契約を提示できるが、診断を受けない契約者が本当に  $Q$  グループかどうか観察できない状況を考える。すなわち、受診しない契約者の受診していないという申告が信頼できない状況を考える<sup>13</sup>。そのときには、 $L$  と判った契約者は、 $Q$  であるという虚偽の申告をするだろう。そして保険会社は、受診していないと申告してきた契約者が、本当に受診していないのか、それとも  $L$  と判ったうえで「 $Q$  である」と虚偽の申告をしているかどうかを観察することができないのである。

この場合には、3 節での契約  $\{c_L^*, c_Q^*, c_H^*\}$  は、もはや均衡とはならない。保険会社にとって、遺伝子診断の結果を正確に観察できるのは、 $H$  グループのみであり、 $H$  グループに対しては  $c_H^*$  を提示できる。しかし、受診しない契約者が本当に  $Q$  グループなのか、それとも虚偽の申告をしている  $L$  グループなのか観察できない。その結果、図 3 おいて  $L$  グループは  $c_Q^*$  を選択することができ、保険会社の利潤は負になってしまうのである。

そのような事態を避けるには、保険会社は  $L$  グループが虚偽の申告をしないような契約を設計しなければならないが、そのような契約として、保険会社は  $\{c_L^*, c_Q^s, c_H^*\}$  を提示できる。これを図示すれば、図 4 のようになる。契約  $c_Q^s$  は機会線  $E\Pi_Q$  上の契約であり、 $L$  グループの期待効用について、

$$EU(c_{1Q}^s, c_{2Q}^s, \pi_L) = EU(c_{1L}^*, c_{2L}^*, \pi_L) \quad (8)$$

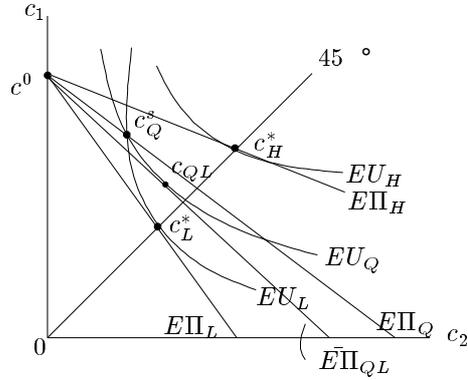


図 5

を満たすとする。

このとき、 $L$  グループにとって  $c_Q^s$  と  $c_L^*$  は無差別であり、虚偽の申告をするインセンティブは働かない。よって、 $L$  グループは  $c_L^*$ 、 $Q$  グループは  $c_Q^s$ 、 $H$  グループは  $c_H^*$  を選択する。保険会社の利潤は、

$$w_L \Pi(c_{1L}^*, c_{2L}^*, \pi_L) + w_Q \Pi(c_{1Q}^s, c_{2Q}^s, \pi_Q) + w_H \Pi(c_{1H}^*, c_{2H}^*, \pi_H) = 0 \quad (9)$$

となる。

ただし、 $\{c_L^*, c_Q^s, c_H^*\}$  が均衡となるかどうかは、市場における  $Q$  グループの割合に依存する。 $\delta$  と  $\gamma$  の関係から、市場における各グループの割合は (2) より、

$$L : Q : H = w_L : w_Q : w_H = \delta(1-\gamma) : \gamma : (1-\delta)(1-\gamma) \quad (10)$$

であった。このとき、 $L$  グループと  $Q$  グループのプレミアムを、それらのグループの比率によって加重したプレミアムを、

$$p_{QL} \equiv \frac{w_L}{w_L + w_Q} p_L^* + \frac{w_Q}{w_L + w_Q} p_Q^* \quad (11)$$

と定義する。さらに、 $c_{QL} = (c_{1QL}, c_{2QL})$  を

$$EU(c_{1Q}^s, c_{2Q}^s, \pi_Q) = EU(c_{1QL}, c_{2QL}, \pi_Q) \quad (12)$$

$$\frac{\pi_Q}{1 - \pi_Q} \frac{u'(c_{2QL})}{u'(c_{1QL})} = p, \quad p \in [p_Q^*, p_L^*] \quad (13)$$

を満たす契約とし、 $c_{QL}$  におけるプレミアムを  $\bar{p}_{QL}$  とおく。これを図示すると、図 5 において、 $c_Q^s$  を通る  $Q$  グループの無差別曲線への、点  $c^0$  からの接線となり、この機会線を  $E\bar{\Pi}_{QL}$  とおく。

ここで、保険契約  $c$  に複数のグループが加入するとき、契約  $\{c, c, c\}$  は一括契約であると定義する。また、特に任意の 2 つのグループからなる一括契約を  $\eta\zeta$  一括契約と呼ぶことにする ( $\eta, \zeta = L, Q, H, \eta \neq \zeta$ )

$\{c_L^*, c_Q^s, c_H^*\}$  が均衡となるかどうかは、 $p_{QL}$  と  $\bar{p}_{QL}$  の大小関係に依存する。

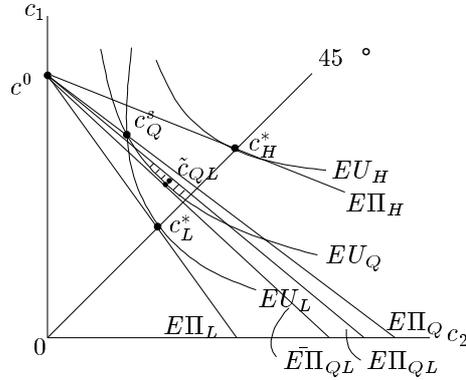


図 6

補題 4.1  $\bar{p}_{QL} > p_{QL}$  であれば  $\{c_L^*, c_Q^s, c_H^*\}$  は均衡とはならない。

証明  $\bar{p}_{QL} > p_{QL}$  のとき、 $L, Q$  グループに対して、

$$EU(\tilde{c}_{1QL}, \tilde{c}_{2QL}, \pi_\eta) > EU(c_{1L}^*, c_{2L}^*, \pi_\eta), \quad \eta = L, Q \quad (14)$$

となる  $QL$  一括契約  $\tilde{c}_{QL}$  が図 6 の斜線部分に存在する。これに対して  $H$  グループの期待効用は、

$$EU(\tilde{c}_{1QL}, \tilde{c}_{2QL}, \pi_H) < EU(c_{1H}^*, c_{2H}^*, \pi_H) \quad (15)$$

となり、結局、 $L, Q$  グループは  $\tilde{c}_{QL}$ 、 $H$  グループは  $c_H^*$  を選択する。保険会社の利潤は、

$$\sum_{\eta \in L, Q} w_\eta \Pi(\tilde{c}_{1QL}, \tilde{c}_{2QL}, \pi_\eta) + w_H \Pi(c_{1H}^*, c_{2H}^*, \pi_H) \geq 0 \quad (16)$$

となり  $\{c_L^*, c_Q^s, c_H^*\}$  は均衡の条件を満たさない。証明終

しかしながら、 $\{\tilde{c}_{QL}, \tilde{c}_{QL}, c_H^*\}$  も均衡とはならない。というのも、 $\tilde{c}_{QL}$  よりも大きい利潤を発生させる  $Q$  グループとの新たな契約が存在し、 $QL$  一括契約は均衡とはならないのである<sup>14</sup>。結局、 $Q, L$  両グループには契約は存在せず、保険会社は  $H$  グループの契約者のみ、遺伝子診断の結果から、そのグループを正確に観察でき、常に  $c_H^*$  を提示できるのである。

よって、 $\bar{p}_{QL} > p_{QL}$  のとき、 $\{c^0, c^0, c_H^*\}$  が唯一の均衡となる<sup>15</sup>。

補題 4.2  $\{c_L^*, c_Q^s, c_H^*\}$  が均衡となるための必要十分条件は  $\bar{p}_{QL} \leq p_{QL} < p_L^*$

証明（必要性 necessity）そうでないと仮定する。すなわち  $\{c_L^*, c_Q^s, c_H^*\}$  が均衡であり、かつ  $\bar{p}_{QL} > p_{QL}$  とする。このとき補題 4.1 より  $\{c_L^*, c_Q^s, c_H^*\}$  は均衡とはならない。したがって、 $\bar{p}_{QL} \leq p_{QL}$ 。

また、 $0 \leq \delta \leq 1$ 、 $0 \leq \gamma \leq 1$  より必ず  $p_L^* \geq p_{QL}$  が成り立つ。 $p_L^* = p_{QL}$  のとき  $\gamma = 0$ 、すなわち  $Q$  グループは存在せず、 $\{c_L^*, c_Q^s, c_H^*\}$  が均衡であるこ

とに矛盾する。よって  $p_L^* > p_{QL}$ 。

(十分性 sufficiency)  $\bar{p}_{QL} \leq p_{QL} < p_L^*$  とする。このとき  $\{c_L^*, c_Q^s, c_H^*\}$  について、 $L$  グループは  $c_L^*$ 、 $Q$  グループは  $c_Q^s$ 、 $H$  グループは  $c_H^*$  をそれぞれ自己選択する。また、保険会社の利潤はゼロとなり、 $\{c_L^*, c_Q^s, c_H^*\}$  に対して、すべての契約者の効用、かつ保険会社の利潤を増加させる契約は存在しない。

証明終

以上より、

命題 4.1 病気  $I$  に対して遺伝子診断が可能であるが、受診して  $L$  グループと判明した契約者が虚偽の申告するインセンティブが働くとする。保険会社は  $L$  グループの虚偽の申告を観察できないとき、

1.  $\bar{p}_{QL} > p_{QL} \iff \{c^0, c^0, c_H^*\}$  は均衡となる。

2.  $\bar{p}_{QL} \leq p_{QL} < p_L^* \iff \{c_L^*, c_Q^s, c_H^*\}$  は均衡となる。

この状況は、従来まで考えられていた均衡とは全く異なる均衡である。特に  $Q$  グループの割合に依存して  $c_H^*$  のみが提示できる契約となる状況は、従来の逆選択とは全く逆の現象が起こっていると解釈できる。

従来の非対称情報下の経済分析では、市場には  $L$  のみが存在する可能性があり、市場は逆選択に陥る可能性があるということが一般に指摘されている。また、市場が逆選択に陥らないためには、 $L$  グループの虚偽の申告を回避させるよう、 $H$  グループには効用を最大とならしめる完全保険  $c_H^*$  を提示できず、より条件の悪い契約を提示せざるを得ない、というのが1つの重要な結論であった。しかし、筆者のモデルでは遺伝子診断の実現と、 $Q$  グループの存在を認めたことにより、情報の非対称度は減少する。その結果、 $\bar{p}_{QL} > p_{QL}$ 、すなわち  $Q$  グループの割合が高いとき均衡は逆転し、市場には  $H$  グループのみが存在する。さらに  $H$  グループには完全保険  $c_H^*$  が必ず保証される。この事実は、逆選択に陥る可能性を示唆している従来の分析結果とは、全く逆の結果といえるだろう。このように、市場に  $H$  グループのみが存在する状況は、市場が「リスク選択」(*risk selection*) に陥っているといえる<sup>16</sup>。

## 5 結論

本論文では、遺伝子情報が解明され、遺伝子診断の実現した世界における、非対称情報構造の存在と、そのときの均衡分析を試みた。

ヒト・ゲノム解析計画によって、我々の遺伝子の情報が明らかとなれば、保険会社の知り得る契約者の情報量は増加し、情報構造は対称的となり、契約者と保険会社の間には不確実性の存在しない社会が実現すると考えられるかもしれない。

しかし、このモデルでは受診しない契約者の存在を認めた結果、受診して  $L$  と判った契約者は、「受診していない」と虚偽の申告を行うインセンティブが働くため、むしろ実際には、主体間の情報は非対称的であると考えの方が一般的である。この状況は、診断履歴の管理が徹底されていない状況である。

このとき、契約者が受診した場合、保険会社は、診断証明書に基づいて、それぞれのグループにとって最適な完全保険を提示することができる。しかし、診断を受けない  $Q$  グループについて、その契約者が本当に受診していないのか、あるいは受診して  $L$  と判っているにもかかわらず、 $Q$  のふりをしているのか観察できないため、 $Q$  グループに対しては、完全保険よりも条件の悪い契約が提示され、分離契約  $\{c_L^*, c_Q^*, c_H^*\}$  が均衡の1つの形態となった(図4)。

ただし、この契約が均衡となるかどうかは、 $Q$  グループの市場における割合に依存する。すなわち、診断を受けない  $Q$  グループの比率が高ければ ( $\bar{p}_{QL} > p_{QL}$ )、 $Q, L$  グループに対する契約は存在せず、診断を受けて、 $H$  と判った契約者のみが、保険に加入できる状況が生じる(命題4.1)。言い換えれば、遺伝子診断の可能な世界では、市場が「逆選択」に陥る可能性はないが、その代わりに、市場が「リスク選択」に陥る可能性があり、今度はリスクの高い契約者が、その保険市場から排除されてしまうのである。

この状況を「遺伝子による差別」と呼ぼう。このモデルにおける、遺伝子による差別の発生メカニズムは次のように要約できる。受診して  $L$  と判った契約者に虚偽の申告をするインセンティブが働き、保険会社は、受診していない契約者が、本当に受診していないのか、それとも受診して  $L$  と判っているにもかかわらず虚偽の申告をしているのか観察できないので、 $\gamma$  の値が高い状態において、「リスク選択」が生じるのである。

また、本論文では遺伝子診断の受診率  $\gamma$  は外生的に決定されると仮定した。しかしながら、契約者が受診の選択を内生的に決定する論文として、Doherty and Posey (1998) がすでに存在する。Doherty and Posey (1998) では、グループ  $Q$  にとって、遺伝子診断を受診して自らのタイプを明らかにするという戦略は、受診せず自らのタイプを知らないでいる戦略に対して支配戦略となることが重要な結論として挙げられている。つまり、契約者は、自分自身のタイプを知っているかどうかについて、かつ、診断結果についての情報優位性を有しており、すなわち遺伝子診断を受診することに情報優位性が存在している。このような状況では、グループ  $Q$  は自ら進んで遺伝子診断を受診するインセンティブを有することになる。

しかし、Doherty-Posey モデルの上記の結論は、グループ  $L$  のみが発病に対して防止をする努力を行うことが可能であるという仮定に大きく依存しており、この仮定をおかなければ遺伝子診断を受診することに対する情報優位性は保証されない。すなわち、グループ  $Q$  は自ら進んで遺伝子診断を受診するインセンティブは生じないのである。

グループ  $L$  のみが発病に対して防止をする努力を行うことが可能であると

いう仮定は非常に特殊な仮定であり、すべての主体が何らかの発病防止努力をすることを考える方が自然である。しかしそれ以上に、筆者が本論文において、受診の内生化に対して Doherty-Posey モデルが存在するにも関わらず、受診の選択を外生的と仮定した根拠は、個人に診断の結果を知らせることと、本人がそのことを望んでいることは別の意味を持っているのではないかという発想がもとになっている。例えば、現代医学では治療が困難な病気について、すべての個人が診断結果を知ることが望むだろうか。あるいはもっと身近にガンなどの病気についても同様である。診断結果を知ることによって、将来の生活設計が立て易くなるとして、診断結果を知りたい個人もいるだろう。しかし一方で、もし  $L$  という診断結果が下されたらという恐怖から、結果を知りたくない個人が存在するのも当然ではないだろうか。ゆえに、個人は病気  $I$  に対して遺伝子診断を望まない個人を  $Q$  グループという形で認めた。

病気の重さに関わらず、診断結果を知らせることは容易だが、もしかしたら悪い結果を聞かされる不安から、受診するよりも初めから受診しない方が望ましいと考える個人の存在を認めることは自然なことと考えられる。むしろ、すべての個人が診断結果を望んで  $H$ 、 $L$  に二極化される方が現実として不自然なのではないだろうか。よって、Doherty and Posey (1998) とは異なる観点からの受診の内生化モデルを考えることは非常に興味深く、今後の研究課題となるだろう<sup>17</sup>。

ここで、第 4 節で設定した保険契約制度は、具体的には、保険会社は遺伝子診断を受診しない契約者に対して、診断を受けていないという証明書を要求しないという契約制度である。この制度のもとでは、受診して  $L$  と判明した契約者に「受診していない」と申告するインセンティブが働くのはこれまで議論したとおりである。

しかしながら上記の制度に対して、保険会社が遺伝子診断を受診しない契約者に対して、診断を受けていないという証明書を要求する契約制度も十分に考えられる。この場合、受診して  $L$  と判明した契約者には虚偽の申告をするインセンティブは働かない。この契約制度は、保険会社が契約者を強制的に分離する制度であり、均衡は、第 3 節で述べたとおりである。

上記の二つの制度を比べたとき、契約者の観点に立てば、すべてのグループの契約者の効用が最大となる意味では、強制的に契約者を分離する後者の契約制度の方が望ましいといえる。一方で、保険会社の観点に立てば、どちらの制度に対しても、保険会社の利潤はゼロであり、二つの契約制度は、均衡において無差別である。しかしながら、保険会社は上記の二つの制度において、前者の制度に対して、 $Q$  グループについて無診断の証明書を定めることが可能であれば、保険会社は  $Q$  グループにも最適保険契約を提示できる後者の制度を選択するインセンティブを有するだろう。しかしながら、遺伝子診断は急速に普及しつつあり、アメリカにおいては現在、年間 100 万件以上の遺伝子診断が行われている。遺伝子診断は、将来的には家庭レベルまで普及

すると考えられており、そのような状況では、保険会社は受診しない契約者を本当に受診していない契約者なのか、受診して  $L$  と判明した契約者が虚偽の申告を行っているのかも観察できず、前者の制度について議論することは、重要な意味をもっているといえる。

さて、最近では、遺伝子に関する知識は、徐々にではあるが、確実に社会へ浸透してきている。そして、ヒトの遺伝子情報の解読によって、今後、様々な社会的貢献と同時に、様々な社会的問題も指摘されている。遺伝子による差別もその重要な例である。そのため、現時点において、保険加入の際に審査目的で遺伝子診断を使用することは禁止される傾向にある。また、アメリカでも、先日、クリントン大統領が、遺伝子情報に基づく差別の拡大を懸念して、連邦政府機関が遺伝子診断の結果を雇用の判断材料として利用することを禁止する大統領令を発令した。さらに、一般企業にもこのような行為を禁止する法案の成立を支持する考えを表明した (New York Times, 2, 9, 2000.)<sup>18</sup>。

その一方で、保険会社は、健康な大多数の加入者が、一握りのリスクの高い人々と同じ保険料を負担しなければならないのは不公平だという観点から、すべての保険加入者に公平な保険契約を提示するためには、遺伝子の情報は必要と考えている。

遺伝子による差別を規制することの経済学的効果については、この論文の範疇ではないが<sup>19</sup>、ここで我々は、遺伝子に疾患があれば、すべて遺伝病となるのかということ、決してそうではないということと同時に知らなければならない。がん遺伝子をもっていたとしても、食生活などの、ライフスタイルへの関心により発病が回避されたり、逆に遺伝子に疾患がなくても、喫煙により肺がんの発病の可能性が高くなることもある。このことは、モラル・ハザードの問題として、今後の研究対象の1つとなるが、必ずしも遺伝子=運命ではないことを知るのは非常に重要なことである。

遺伝子の機能についてはまだ解明されていない部分がほとんどだが、長期的に考えて、生命保険市場における情報の構造に影響を及ぼすことは避けられないというのが筆者の考えである。ヒト・ゲノム解析計画の生命保険市場に及ぼす影響は、今後ますます重要となるだろう。ヒト・ゲノム計画によって今後数年のうちに、ヒトの遺伝情報が解読され、それに対応する時代がくるのも事実である。生物倫理学の観点からは、すでにさまざまな議論がなされているが、経済学の視点からの議論が必要である。

## 注

1 このような状況における経済分析は1970年代を中心に広く行われている。先行研究として、対称情報構造における保険市場の分析はSpence and Zeckhauser (1971)、Ehrlich and Becker (1972)、Pauly (1974)等が挙げられる。また、非対称情報構造における保険市場の分析についてはAkerlof (1970)、Rothschild and Stiglitz (1976)、Stiglitz (1977)等が挙げられる。これらのうち、Rothschild and Stiglitz (1976)はその後の保険市場の分析の発展のもっとも基本的な論文であり、特筆すべき論文である。

2 契約者の受診の選択の内生化モデルについては、すでに Doherty and Posey (1998) が存在する。しかし、ここではあえて契約者の受診の選択は外生的に決定されるとした。この点については第 5 節で詳しく述べる。

3 複数口の保険購入を認めた論文については、Jaynes (1978)、Hellwing (1998)、Kahn and Mookherjee (1995)、Caneda (1999)、Kreps (1990, p-666) 等を参照せよ。

4 このような 2 つの状態の保険モデルは一般的ではあるが、ここでは Rothschild and Stiglitz (1976)、及び Hirshleifer and Riely (1992, 第 8 章)、酒井 (1982, 第 11 章) を参考とした。

5 ここでは契約者  $j$  について、タイプとグループを明確に分けることにした。本論文におけるタイプとは、個人の病気  $I$  に対する遺伝的特性、すなわち遺伝子に疾患があるかないかを指し、これは、ゲーム論的には自然 (Nature) によって決定され、知らされる。しかし、本論文では、個人は自分の遺伝的特性を知らされず、遺伝子診断を受診することによって自分の特性、すなわちタイプを知ろうとするのである。つまり、ここでの受診しない個人は、単に自分のタイプを自身で知らないだけであって、タイプは自然によって決定されている。つまり、個人が自分のタイプを知っていようといまいと、タイプは遺伝子に疾患があるかないかの 2 つである。よって、受診しない個人を含めて議論をする場合、タイプではなくグループという表現を用いた。

6 本来は、病気  $I$  に対して、状態 2 に直面する確率は、契約者の環境の違いにより異なると考えるのがより現実的である。しかしながら、ここでは、病気  $I$  に対する状態 2 に直面する確率は、各グループ内での契約者において等しいと考える。

7 より現実的には、契約者は主観的確率に基づいて受診の選択をするため、 $Q$  グループの病気  $I$  で死亡する確率は、 $\delta$  でウェイト付けした確率と一致しない可能性が考えられる。しかし、ここでは簡単化のため  $Q$  グループの病気  $I$  で死亡する確率は、 $\delta$  でウェイト付けした確率に等しいと考える。

8 sorting-condition については Gibbons (1992, p-193,194)、Fudenberg and Tirole (1991, p-259) 等を参照せよ。

9 均衡の定義については Rothschild and Stiglitz (1976) の均衡概念を定式化した。

10 この条件 2 について、契約  $\{c_{\eta}\}$  に対して、期待効用と期待利潤の両方が  $\{c_{\eta}^*\}$  と等号を満たしてはならず、そのための条件が  $\max[\cdot] > 0$  である。

11 IR (Individual Rationarity) 条件は個人合理性条件、もしくは参加条件ともよばれ、契約者が契約に加入したときの効用は、加入しないとき (初期条件) における効用よりも低くはないという条件である。IC (Incentive Compatibility) 条件は誘引両立性条件とよばれ、均衡契約に対して、契約者は自分のグループについて虚偽の申告をすることで効用が低くなってしまおうという条件である。つまり、契約者は自分のグループについて常に真の申告を行うインセンティブが働く条件である。

12 この点に関して、詳しくは Ehlich and Becker (1972)、酒井 (1982, 第 11 章)、Hirshleifer and Riely (1992, 第 8 章) 等を参照せよ。

13 これは、具体的には受診しない契約者に対して、保険会社が遺伝子診断を受けていないという証明書の提出を要求しない状況である。このことに関しては、第 5 節で詳しく述べる。

14 一括契約が均衡とはならない詳しい理由については Rothschild and Stiglitz (1976) を参照せよ。

15 このとき、特にグループ  $Q$  の期待効用について、保険に加入しない場合、

$$\delta\{\pi_L u(c_2^0) + (1 - \pi_L)u(c_1^0)\} + (1 - \delta)\{\pi_H u(c_2^0) + (1 - \pi_H)u(c_1^0)\}$$

これに対して保険に加入した場合のグループ  $Q$  の期待効用は、

$$\delta\{\pi_L u(c_2^0) + (1 - \pi_L)u(c_1^0)\} + (1 - \delta)\{\pi_H u(c_{2H}^*) + (1 - \pi_H)u(c_{1H}^*)\}$$

となり、グループ  $Q$  は保険に加入する方が期待効用は高くなる。これはグループ  $Q$  が受診して、仮にグループ  $H$  であると判れば、保険に加入することでより高い効用が得られる可能性があることを示唆している。

しかし、グループ  $Q$  はこのような機会がありながら、受診をしない個人であり、その理由については第 5 節で述べる。

16 情報の非対称性が存在する保険市場において、リスクの高い契約者のみが市場に存在する状況を、一般に、市場が「逆選択」(*adverse selection*) に陥っていると呼ぶ。これに対して逆選択とは全く反対の状況、すなわちリスクの低い契約者のみが市場に存在する状況は、市場が「リスク選択」(*risk selection*) に陥っていると呼ばれる。

17 しかし、このようにグループ  $Q$  の割合を内生的に決定する場合、個人は期待効用に基づいて保険に加入するか否かの選択に加えて、遺伝子診断を受診するか否かの決定問題にも直面することになる。すなわち、受診の選択を内生化させる場合、個人は受診の選択と、保険加入の選択という同時決定問題に直面する。その結果、効用関数は、従来の期待効用関数よりも複雑になることは容易に予測できるであろう。そしてその際、本論文の前提条件である期待効用最大化に伴う意思決定についても、再検討する必要性が生じると思われる。

18 遺伝子情報の解読に伴う遺伝子診断の社会的、倫理的問題については、Murray (1991)、Frank (1999)、文献 [23]、[24] 等を参照せよ。また、ヒト・ゲノム解析計画に関しては、文献 [21]、[22] を参照せよ。

19 遺伝子診断の保険加入の際の利用規制に関する論文については、金田 (2000b) を参照せよ。

## 謝辞

この論文の執筆にあたって貴重な助言を下された岸本哲也教授に、感謝の意を表します。また本稿の掲載にあたって、編集委員長をはじめ、各レフェリーには適切なコメントをいただきました。重ねて感謝の意を表します。なお本論文のすべての責任は、筆者にあります。

## 参考文献

- [1] Akerlof, G., 1970, The market for lemons : Quality uncertainty and the market mechanism, *The Quarterly Journal of Economics*, **84** : 488-500.
- [2] Caneda, N., 1999, A note on the equilibrium of insurance markets with multiple contracts, Kobe University Working Paper Series **No.92**.
- [3] Doherty, Neil A. and Lisa L. Posey, 1998, On the value of a checkup : Adverse selection, moral hazard and the value of information, *The Journal of Risk and Insurance*, **65** : 189-211.
- [4] Ehrlich, I. and G. S. Becker, 1972, Market insurance, self-insurance and self-protection, *Journal of Political Economy*, **80** : 623-648.
- [5] Frank, A. L., 1999, Ethical aspects of genetic testing, *Mutation Research*, **428** : 285-290.
- [6] Fudenberg and Tirole, 1991, *Game Theory*, The MIT Press.
- [7] Gibbons, R., 1992, *Game theory for applied economics*, Princeton University Press.
- [8] Hellwig, M. F., 1988, A note on the specification of interfirm communication in insurance markets with adverse selection, *Journal of Economic Theory*, **46 (1)** 154-63.
- [9] Hirshleifer, J. and J. G. Riley, 1992, *The analytics of uncertainty and information*, Cambridge University Press.
- [10] Jaynes, G. D., 1978, Equilibria in monopolistically competitive insurance markets, *Journal of Economic Theory*, **19 (2)** : 394-422.

- [11] Kahn, Charles M. and D. Mookherjee, 1995, Market failure with moral hazard and side trading, *Journal of Public Economics*, **58 (2)** : 159-184.
- [12] Kreps, D., 1990, A course in microeconomic theory, Harvester Wheatsheaf.
- [13] Murray, T., 1991, Ethical issues in human genome research, *FASEB Journal*, **5** : 55-60.
- [14] Pauly, M. V., 1974, Overinsurance and public provision of insurance : The Roles of Moral Hazard and Adverse Selection, *The Quarterly Journal of Economics*, **88** : 44-62.
- [15] Rothschild, M. and J. E. Stiglitz, 1976, Equilibrium in competitive insurance markets : An essay in the economics of imperfect information, *The Quarterly Journal of Economics*, **90** : 629-649.
- [16] Spence, M. and R. Zeckhauser, 1971, "Insurance, information and individual action", *American Economic Review*, **61** : 380-387.
- [17] Stiglitz, J. E., 1977., Monopoly, non-linear pricing and imperfect information : The insurance Market, *Review of Economic Studies*, 44, 138 : 407-430.
- [18] 金田亘由, 2000a, 遺伝子診断と生命保険市場における均衡分析, 六甲台論集 第46巻 第4号 : 1-19, Kobe University Working Paper Series No.93.
- [19] 金田亘由, 2000b, 遺伝子診断の規制と生命保険市場における均衡の非存在性, 六甲台論集 第47巻 第1号, : 19-28, Kobe University Working Paper Series No.95.
- [20] 酒井泰弘, 1982, 不確実性の経済学, 有斐閣.
- [21] Johdan, B., 1993, Travelling Around The Human Genome ; An in situ investigation ( ヒト・ゲノム計画とは何か、三宅成樹 訳、講談社 ).
- [22] Shapiro, R., 1991, The Human Blueprint ( ゲノム、中原英臣 訳 1991、講談社 ).
- [23] 科学朝日, 1995, 12 : p-32.
- [24] 栗山孝夫, 1995, DNA で何がわかるか, 講談社.