

BMIの遺伝規定性に関する研究

- 遺伝 / 環境モデルによるBMI最大値・現在値および年齢要因の検討 -

索引用語：BMI、遺伝 / 環境モデル、共分散構造分析、双生児研究法、遺伝力

Body mass index (BMI) に対する遺伝規定性の程度を明らかにする目的で、174組の成人双生児のBMI現在値・最大値のデータの遺伝学的解析を実施した。共分散構造分析の結果、相加的遺伝要因(A)と、個人に特異的な非共有環境要因(E)を含むAEモデルが採択され、以下の知見を得た。

(1) 1変数遺伝解析の結果、遺伝要因の関与は現在値で72%、最大値で75%であった。年齢要因を考慮すると、モデルの適合度はあがった。年齢要因の寄与は現在値で12%、最大値で19%であり、最大値に関して大きかった。年齢要因を除くと、遺伝要因の寄与は現在値で66%、最大値で68%であった。

(2) 2変数遺伝解析の結果、BMI現在値と最大値の遺伝相関は0.96であった。遺伝要因のうち、最大値と現在値で共通するものは93%であった。環境要因では最大値と現在値に共通するものは45%であり、55%は新規に関与するものであった。

はじめに

BMIは体格を評価する簡便な指標として、健康診断などでも多用されている。海外には肥満あるいはBMIの遺伝規定性を行動遺伝学的な視点から家系データを用いて統計的に解析した報告は多い¹⁻⁷⁾。一方わが国ではこの種の研究はほとんど見られない。

今回、成人双生児を対象にBMIの現在値・過去最大値および年齢の影響を統計遺伝学的に解析した。肥満の遺伝規定性を理解する基礎資料の一つとしての意義があると思われる。

対象と方法

東京大学附属中高等学校を卒業した成人双生児が対象である。2000年前半に生活習慣等についての郵送法質問紙調査を実施した。ペアで回答を得た成人双生児は174組348名であり、卵性の内訳は一卵性双生児145組(男男39組、女女106組)、二卵性双生児29組(男男4組、女女10組、異性15組)である。

現在年齢は男子101名で平均44.3歳(SD:11.9歳,中央値46.0歳,範囲20歳~65歳)、女子247名で平均40.6歳(SD:11.1歳,中央値39.0歳,範囲20歳~63歳)であった。最大体重時の年齢は男子で平均38.3歳(SD:11.6歳,中央値39.0歳,範囲18歳~65歳)、女子で平均30.2歳(SD:13.0歳,中央値28.0歳,範囲14歳~60歳)であった。

この調査は同校の全面的な協力のもとに実施されたものである。自己申告による身体計測値の情報を解析した。一部では現在値が最大値である対象も含まれている。

単純集計の後に以下の統計遺伝学的解析を実施した。

1. 双生児研究法の基本原理⁸⁾

一卵性双生児二人の遺伝的構成は同一であり、二人の差は環境要因に起因する。二卵性双生児二人の遺伝的構成は通常の子と同等であり、二人の差は遺伝的要因および環境的要因の両者に起因する。一卵性の類似度が二卵性の類似度よりも大きければ遺伝的要因の存在が示唆される。

2. モデルの構築と1変数遺伝/環境モデル

図1、図2にモデルのパス図を示す。

BMIの背景にある遺伝的要因として相加的遺伝的要因(A)・優性遺伝的要因(D)を設定する。相加的遺伝的要因は遺伝子数に応じて加算的に作用する遺伝的要因であり、優性遺伝的要因は遺伝子型に応じて優性効果(単純な加算以上の一定の遺伝的な効果)を示す。環境的要因としては、共有環境的要因(C)・非共有環境的要因(E)を設定する。共有環境的要因とは、同居であれば同一家庭内で共有する環境であり、別居であれば互いに連絡をしたり、これまでに二人で共有してきた環境条件などである。非共有環境的要因とはたとえ同居であっても個人に特異的に作用する環境的要因である⁹⁻¹¹⁾。

図2は、年齢的要因を考慮した遺伝/環境モデルである。遺伝的要因・環境的要因とは別に潜在変数として年齢的要因(S)を設定する。年齢的要因はBMIの実測値と現在年齢に関わる潜在変数である。

両モデルにおいて双生児二人の相関は、Aに関しては一卵性で1、二卵性で0.5である。Dに関しては一卵性で1、二卵性で0.25である。これは量的遺伝学の基本理論による¹²⁾。Cに関しては、等環境仮説が成立するものとして一卵性、二卵性ともに1とする。即ち、ペアで互いが共有する環境の類似度は一卵性でも二卵性でも等しいとする。Eに関しては定義上二人の相関は0である。図中の小文字で示したパス係数が、それぞれの潜在変数が寄与する程度である。

これらの変数を種々に含む遺伝/環境モデルを系統的に解析する。共分散構造分析では、潜在変数および実測変数の線形関係を記述し、各種行列の形で要約する。最尤法により、パス係数を推定する。パス係数の二乗が各潜在変数の分散の相対的な大きさである。特に遺伝的要因の寄与する程度を遺伝力と呼ぶ。

Eには誤差分散を含むためこれを除いたモデルは構築し得ない、変数の制限によりCとDを同時に含むモデルは今回の対象では解析不可能である。

年齢的要因を含むモデルと含まないモデルを解析し、モデルの適合度を比較する事で、年齢的要因の影響を検討した。

3. 表現型相関と2変数遺伝/環境モデル

複数の形質の相関を表現型相関¹⁰⁻¹¹⁾と呼び、両者に共通に関与する遺伝的要因・環境的要因を解析する。BMIの現在値と最大値にどのような遺伝学的関係があるのかを検討した。

解析では以下の3種類の相関を考える。第1に、現在値あるいは最大値についての第1子と第2子の相関である。双生児法の原理により一卵性の相関が二卵性の相関より大きければ、遺伝的要因の関与が示唆される。第2に、第1子の現在値と第2子の最大値の相関あるいは、第1子の最大値と第2子の現在値の相関である。これをクロス相関と呼ぶ。一卵性では二人のゲノムは等しいから第1子の現在値に関与する遺伝的要因と、第2子の最大値に関与する遺伝的要因は等しい。一卵性のクロス相関が二卵性の

クロス相関よりも大きければ、現在値と最大値の両者に関与する遺伝要因の存在を示唆する。第 3 に、同一個人の現在値と最大値の相関を考える。この相関が大きい事は、両者に関係がある事を示唆する。

図 3、図 4 に今回の分析に用いた 2 変数遺伝/環境モデルを示した。図 3 は 2 変数での Cholesky Decomposition Model である。最大値に関与する遺伝要因(A1,D1)・環境要因(C1,E1)が現在値にも関与すると考える。また、現在値に独自に関与する遺伝要因(A2,D2)・環境要因(C2,E2)を設定する。図 4 は Correlated Factors Model である。現在値・最大値に関与する遺伝要因どうしが r_A 、 r_D の遺伝相関を有し、環境要因どうしが r_C 、 r_E の環境相関を有すると仮定する。2 つのモデルは数学的には等価である。変数設定の制限により年齢要因は変数に含めていない。

実際の解析にあたっては、相関係数行列ではなく、情報量の大きい分散・共分散行列を用いた。また、観測変数の正規性を保つために、BMI を自然対数変換した。

モデルの適合度の検討⁹⁻¹¹⁾には AIC(Akaike's information criterion)を用いた。AIC は goodness of fit² 値から自由度の 2 倍を減じた値であり、この値が小さいほど説明力とともに安定性が高くなる。

共分散構造分析には多母集団を同時に解析可能な LISREL¹³⁾を用いた。

結果

表 1 に性・年齢階級別にみた BMI および最大体重時の年齢を示した。年齢階級によらず最大値・現在値ともに男子が女子よりも大きい傾向が見られた。最大体重時の年齢は、全体として女子が男子よりも 8 歳ほど若かった。

表 2 に卵性別に見た相関係数行列を示した。BMI と現在年齢との相関は 0.256~0.462 であった(表中イタリック表示)。卵性によらず、最大値と現在年齢の相関の方が現在値と現在年齢の相関よりも大きな値を示した。同一個人では、最大値と現在値は卵性によらず高い相関を示した。第 1 子と第 2 子の相関を卵性別に見ると現在値、最大値ともに一卵性の相関が二卵性の相関よりも大きかった。しかし、二卵性の相関は一卵性の相関の 1/2 よりも大きく、理論的には優性遺伝要因の関与は考えにくい¹²⁾。一卵性のクロス相関は二卵性のクロス相関よりも大きく、最大値と現在値に同時に関与する遺伝要因が示唆された。

以上の結果より、以下の解析では優性遺伝要因(D)を含まないモデル(ACE Model, AE Model)を検討した。

表 3 に 1 変数モデルの解析結果を示した。年齢要因を含まないモデルでは現在値、最大値ともに AE モデルが最適であった。年齢要因を含むモデルでは現在値・最大値ともに AES モデルが最適であった。年齢要因を含むモデルにおいて AIC が小さく、モデルの適合がよかった。

表 4 に 1 変数最適モデルのパス係数と各構成成分の分散の百分率を示した。年齢要因を含まないモデルでは、BMI 最大値で相加的遺伝要因が 75%、現在値で相加的遺伝要因が 72%であった。年齢要因を含むモデルでは BMI 最大値で年齢要因が 19%、相加的遺伝要因が 55%、現在値で年齢要因が 12%、相加的遺伝要因が 58%であった。

表 5 に 2 変数モデルの解析結果を示した。AE モデルが最適であった。

表 6 に最適モデルのパス係数と各構成成分の分散の百分率を示した。最大値では遺

伝要因が 74%、現在値では遺伝要因が 71%であった。現在値に關与する遺伝要因のうち、最大値に対する遺伝要因と共通するものは $93\% (=0.81^2/(0.81^2+0.23^2) \times 100)$ であり、遺伝相関は 0.96 であった。環境要因に関しては、最大値と現在値に共通するものは $45\% (=0.36^2/(0.36^2+0.40^2) \times 100)$ であり、環境相関は 0.67 であった。

考察

わが国でも成人の BMI が年齢により変化する事はこれまでも知られている。表 1 に示した通り、男女ともに BMI は 40 歳代まで上昇し以下減少傾向に転じている。

年齢要因を考慮せずに解析すれば、AE モデルが適合し、BMI の分散成分を構成する潜在変数として、相加的遺伝要因と非共有環境要因の關与が検出された。即ち、成人の BMI に關与する遺伝要因は相加的であり、環境要因は個人特異的なものである。逆に言うと、血縁の BMI の類似に対して、同居による影響やこれまでに共有してきた環境の影響は少ないと言える。遺伝要因の寄与は現在値に対して 72%、最大値に対して 75% であり大差はない。

BMI の最大値・現在値ともに全体としては現在年齢と正の相関が見られた。年齢要因を組み込んだモデルを解析すると、モデルの適合はさらによいものであった。現在値では年齢要因の寄与は 12%、最大値では 19% であった。最大値に対して年齢の寄与が大きいと言える。これは、最大値と現在年齢の相関の方が、現在値と現在年齢の相関よりも大きいためである。壮年以降では既に最大値を経験している事が多く、最大値と年齢の間に比較的直線関係が得やすいためと推察された。一方で、現在値と現在年齢の関係では、50 歳代以上になると、年齢と BMI との相関が負に転じる傾向にあるため、必ずしも明確な直線関係が得られなかったためと思われる。

年齢要因の寄与が全年齢階級を通じて一定であると仮定してこれを除くと、表 4 の結果より現在値では遺伝要因の寄与 $66\% (58/(58+30) \times 100)$ 、最大値では $68\% (55/(55+26) \times 100)$ であり、ほぼ等しい。

海外では Stunkard ら^{1,2)}の一連の大規模な双生児研究により成人の BMI に対する遺伝規定性がほぼ明らかにされた。20 歳および 25 年後のフォローアップでも高い遺伝相関($r=0.69$)が認められた。共分散構造分析の結果では遺伝率(全表現型分散に対する遺伝分散の割合、今回の遺伝力を率で表示した値)は男女ともにおよそ 0.7 程度であること、幼少期の共有環境要因が影響しないことなどが明らかにされた。さらに、BMI 値で肥満を区分すれば、肥満の程度によらず一卵性の一致率は二卵性の一致率の 2 倍程度であり、遺伝要因は肥満の程度に依存しないと言う。

Bouchard ら³⁾は、一卵性双生児に対して栄養過剰摂取状態、有酸素運動を実験的に操作する事で、体重増加量、体脂肪量、除脂肪体重増加量、部位別(特に内臓)脂肪増加量、運動効果のいずれに対しても遺伝要因が關与する事を明快に示している。

その後は、BMI 単独の解析ではなく、複数の形質に対する表現型相関の双生児研究が進んでいる。Allison ら⁶⁾が BMI と血圧との関係を解析した結果では、BMI が血圧に影響を与えるモデルが採択されている。BMI 単独の遺伝率は 0.717 である。血圧の遺伝率は 0.682 であり、このうち BMI と共通する部分が 0.327、血圧に単独な部分が 0.355 を占めると言う。

Carmelli ら⁵⁾が高血圧、糖尿病、BMI の表現型相関を解析した結果では、これらに共

通に關与する潜在的遺傳要因・環境要因の存在を示唆している。BMI の分散成分は相加的遺傳要因 59%、優性遺傳要因 6%、非共有環境要因 35%であると言う。

今回の結果でも BMI に対する遺傳要因は現在値・最大値によらずほぼ 70%程度であり、人種を超えて類似の結果となっている事が注目される。さらに、2 変数遺傳解析の結果 BMI の最大値と現在値の遺傳相関は高く、しかも継続する遺傳要因の影響が強いと思われた。その一方で、現在値の環境要因に関しては最大値から継続するものと、新規に關与するものがおよそ 50%ずつを占め、成人における体格の変化には個人特異的な環境の影響が大きいことを示している。

ただし、今回の結果のみで BMI の最大値と現在値の遺傳規定性が同程度であるとは即断できない。表 1 より明らかなように、BMI の最大値は平均的には 40 歳代である。従って、この年齢に達していない場合にはまだ、最大値に達していない場合も多いと思われる。今回は二卵性の数が不足したために年齢階級別の解析を出来なかったが、今後例数を増やして再検討する必要がある。

結果には示していないが双生児ペアにおいて BMI が最大であった年齢の相関は一卵性が二卵性よりも高く、最大値を示す年齢にも遺傳要因が關与している可能性が強い。これは、年齢に伴う体重の増加・減少と言う流れに遺傳要因が關与する事を示唆する。

BMI の遺傳規定性を行動遺傳学的に論じる場合に、これが必ずしも特定の遺傳子変異や代謝メカニズムのみを想定しているわけではないことに注意する必要がある。広く、摂食行動パターンあるいは性格傾向などの遺傳規定性をも反映したものと解釈する必要がある。

結果の制限は以下の通りである。第 1 に男女差を検討していない点である。女子においては社会的抑制など、環境要因の關与が男子よりも大きい可能性が考えられる。第 2 に自己申告による体重を用いているため、女子においては実際よりも小さく申告している可能性が考えられる。ただし、双生児ペアで考えた場合にこの影響により、一卵性・二卵性のいずれかに偏って類似度が変化することは考えにくい。以上のような制限はあるが、得られた結果は体格の遺傳規定性に対する一側面を示している。

今回用いた統計遺傳学的手法は直接遺傳子を探索するものではない。しかし、今後ゲノムレベルで遺傳要因を検討する場合に、少なくとも現在の分子生物学的な知見だけではまだ十分に説明し得ない問題に対して、マクロレベルでの解決の糸口を与える有力なアプローチになりうる。遺傳要因と環境要因は対立するものではなく相互作用することを前提に考えることが一般的になりつつある¹⁴⁾。また、遺傳力そのものは状況に応じて可変性を持つ¹²⁾。従って、得られた遺傳力そのものよりも、肥満の形成にあたっては遺傳要因と環境要因のダイナミックな相互作用があることを認識することが重要である。例えば、不一致の一卵性を検討することで、二人に差をもたらした特異的な環境要因を探索することも重要である⁸⁾。肥満の問題を予防医学的な見地から評価する際にも、今後は遺傳要因の重要性を念頭におくべきである。

まとめ

日本人成人の BMI に対する遺傳規定性の程度は現在値・最大値ともに 70%程度であり、しかも両者の遺傳相関が強いことを明らかにした。遺傳規定性は年齢の影響を受けていた。BMI の問題を論じる場合に遺傳要因は無視し得ないと結論できる。今後は、

生活習慣や生活習慣病などとの遺伝学的な関係をも検討し、日本人に固有な肥満の問題を視野に入れた解析が課題となる。

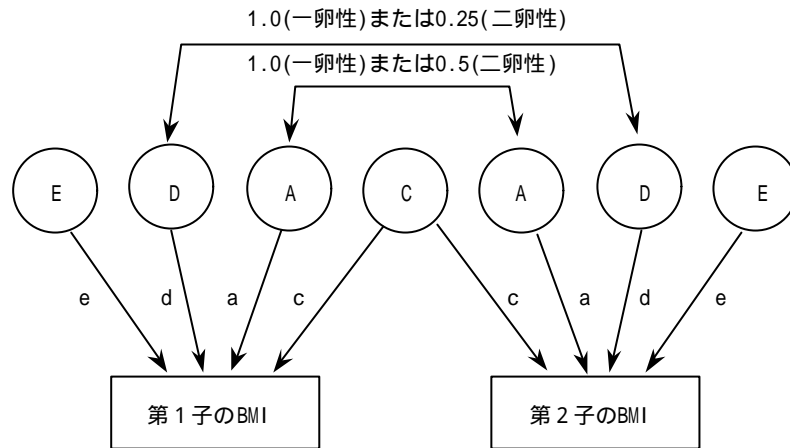
謝辞

本研究の基礎を築かれた浅香昭雄先生（山梨県東病院長）に深謝致します。データの整理その他において大間敏美さん（山梨医科大学地域看護学）の多大なご協力を得ました。本研究は明治生命厚生事業団の助成を受けて実施しました。

文献

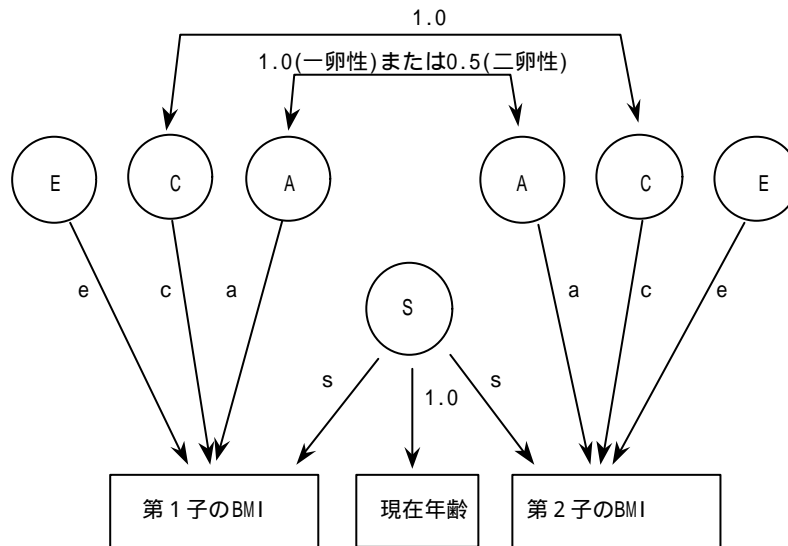
- 1) Stunkard AJ, Foch TT, Hrubec Z : A twin study of human obesity. JAMA1986, 256(1): 51-54.
- 2) Stunkard AJ, Harris JR, Pedersen NL et al.: The body-mass index of twins who have been reared apart. N Engl J Med 1990, 322: 1483-1487.
- 3) Bouchard C : Current understanding of etiology of obesity: genetic and nongenetic factors. Am J Clin Nutr 1991, 53: 1561S-1565S.
- 4) J-P Despres, Moorjani S, Lupien PJ Et Al. : Genetic aspect of susceptibility to obesity and related dyslipidemias. Molecular and Cellular Biochemistry 1992, 113: 151-169.
- 5) Carmelli D, Cardon LR, Fabsitz R; Clustering of hypertension, diabetes, and obesity in adult male twins: same genes or same environment?. Am J Hum Genet 1994,55:566-573
- 6) Allison DB, Heshka S, Neale MC et al.: Genetic, environmental, and phenotypic links between body mass index and blood pressure among women. Am J Med Genet 1995,55:335-341.
- 7) Herskind AM, McGue M, Iachine IA Et Al. : Untangling genetic influence on smoking, body mass index and longevity : A multivariate study of 2464 Danish twins followed for 28 years. Hum Genet 1996, 98: 467-475.
- 8) 浅香昭雄,大木秀一：双生児集団を用いた疫学的研究．古庄敏行, 清水信義, 北川照男, 式部 啓 編．臨床遺伝医学[] 遺伝疫学 .東京：診断と治療社, 1993,104-113 .
- 9) 大木秀一：小児期にみられる夜尿の遺伝疫学的解析 - 共分散構造分析による遺伝要因・環境要因の評価 - . 民族衛生 1999,65: 297-310.
- 10) 大木秀一：小児期の睡眠時に問題となる行動の統計遺伝学的解析 - 複数の健康現象に同時に関与する遺伝要因・環境要因の評価 - . 日衛誌 2000,55 : 489-499.
- 11) 大木秀一：飲酒習慣・喫煙習慣に関与する遺伝要因・環境要因の統計遺伝学的解析 . 民族衛生 2001,67 : 77-92.
- 12) 古庄敏行,大木秀一：多因子遺伝 .古庄敏行, 清水信義, 北川照男, 式部 啓 編．臨床遺伝医学[] 遺伝疫学 . 東京：診断と治療社, 1993,66-103 .
- 13) Joreskog KG, Sorbom D : Lisrel8 : Structural equation modeling with the SIMPLIS command language. Chicago IL : Scientific Software International, 1993.
- 14) 大木秀一 :遺伝・環境問題に対する最新の知見と今後の展望 - 遺伝疫学的手法に

* 肥満研究 7(2), 35-40, 2001,
大木秀一



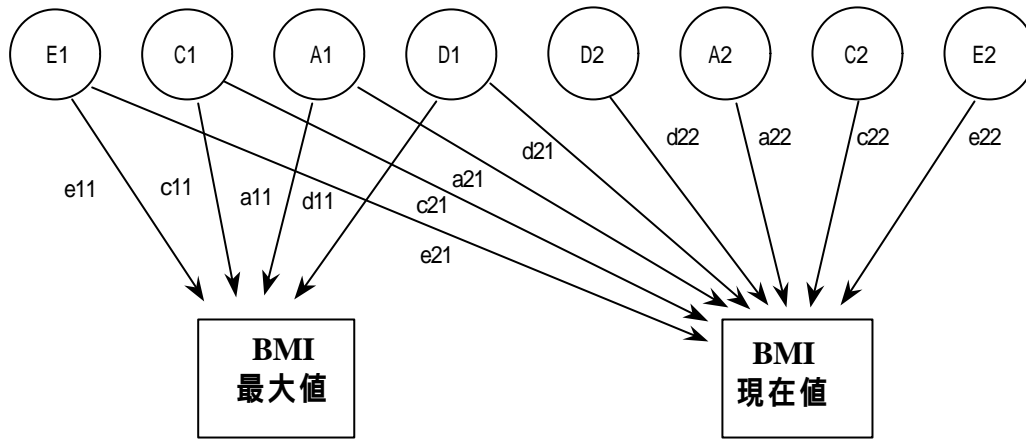
- 1) は潜在変数を、 は観測変数を表す。
- 2) A: 相加的遺伝要因、D: 優性遺伝要因、C: 共有環境要因、E: 非共有環境要因である。それぞれが寄与する程度がパス係数 a, d, c, e であり、その2乗の値が各々の要因の分散が寄与する相対的割合である。
- 3) 図はACDE full Modelである。

図1 1変数遺伝/環境モデル



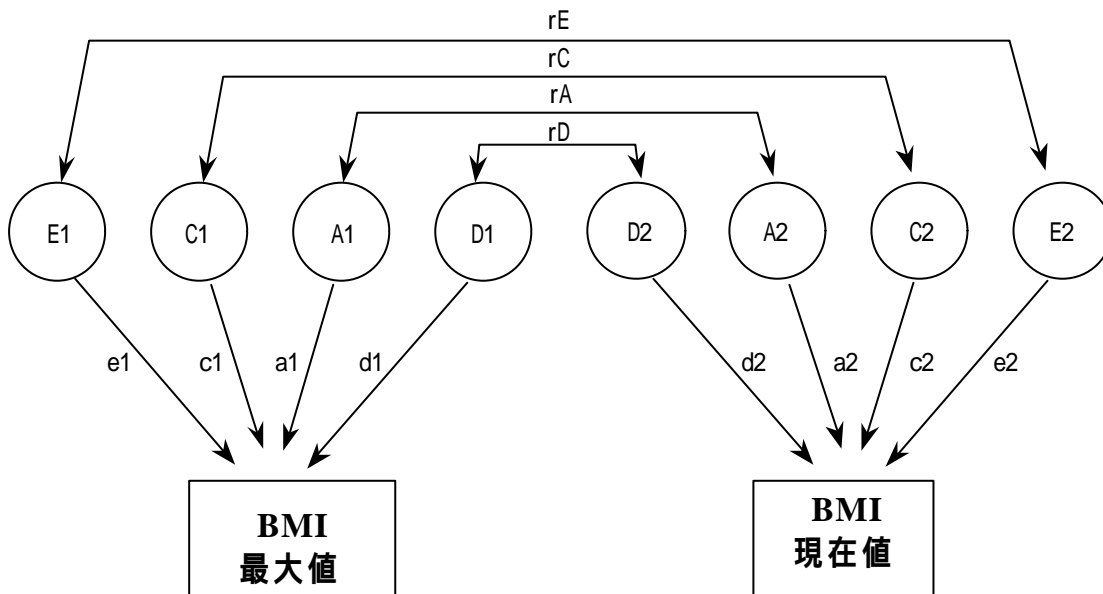
- 1) は潜在変数を、 は観測変数を表す。
- 2) A: 相加的遺伝要因、D: 優性遺伝要因、C: 共有環境要因、E: 非共有環境要因、S: 年齢要因である。それぞれが寄与する程度がパス係数 a, d, c, e, s であり、その2乗の値が各々の要因の分散が寄与する相対的割合である。
- 3) 図はACES Modelである。

図2 年齢要因を考慮した1変数遺伝/環境モデル



- 1) 本質的には図4の Correlated Factors Model と同じものであるが、BMI 現在値に対する成分を分解している。
- 2) 図は双生児ペアの一方に対する ACDE full Model のパス図を示したものである。

図3 2変数遺伝 / 環境モデル (Cholesky Decomposition Model)



- 1) 二つの形質それぞれに関与する遺伝要因、環境要因を設定している。
- 2) r_A , r_D は2つの形質の遺伝相関、 r_C , r_E は2つの形質の環境相関である。
- 3) 図は双生児ペアの一方に対する ACDE full Model のパス図を示したものである。

図4 2変数遺伝 / 環境モデル (Correlated Factors Model)

表1 性・年齢階級別にみたBMIおよび最大時年齢

男子	対象数	BMI		最大時年齢	現在年齢と最大時年齢の差
		現在値	最大値		
20-29	11	20.0	21.0	21.4	1.6
30-39	27	21.6	22.4	31.2	3.7
40-49	20	24.9	25.6	42.5	2.2
50-	43	23.1	24.7	45.8	9.8
全体	101	22.7	23.9	38.3	5.6

女子	対象数	BMI		最大時年齢	現在年齢と最大時年齢の差
		現在値	最大値		
20-29	44	19.7	21.6	20	4.7
30-39	84	19.7	21.2	24.8	10.4
40-49	53	22.2	23.3	32.4	11.6
50-	66	21.6	23.3	42.4	13.0
全体	247	20.7	22.3	30.2	10.2

年齢(歳)

表2 BMIの最大値・現在値の卵性別相関係数行列

一卵性(149組)		第1子		第2子			
		現在年齢	最大値	現在値	現在年齢	最大値	現在値
第1子	現在年齢	1.0					
	最大値	0.462	1.0				
	現在値	0.416	0.872	1.0			
第2子	現在年齢	1.0	-	-	1.0		
	最大値	-	0.734	0.710	0.417	1.0	
	現在値	-	0.650	0.707	0.371	0.850	1.0

二卵性(29組)		第1子		第2子			
		現在年齢	最大値	現在値	現在年齢	最大値	現在値
第1子	現在年齢	1.0					
	最大値	0.422	1.0				
	現在値	0.256	0.893	1.0			
第2子	現在年齢	1.0	-	-	1.0		
	最大値	-	0.498	0.435	0.425	1.0	
	現在値	-	0.509	0.445	0.362	0.912	1.0

* BMIを自然対数変換した値をもとに算出している。

* 現在年齢とBMIの相関をイタリックで表示した。

表3 1変数遺伝/環境モデルによるモデルフィッティングの結果

	Model	年齢要因なし		年齢要因あり	
		ACE	AE	ACES	AES
	df	3	4	7	8
BMI現在値	²	1.54	1.95	1209.83	4.62
	AIC	-4.46	-4.05	-	-11.38
BMI最大値	²	0.49	2.22	0.75	1.24
	AIC	-5.51	-3.78	-13.25	-14.76

*モデルは図1,図2を参照。

*AIC= $\chi^2 - 2 \times df$ である。

表4 1変数最適のモデルにおけるパス係数の推定値と分散成分の百分率

	年齢要因なし					年齢要因あり						
	Model	パス係数		分散成分の百分率		Model	パス係数			分散成分の百分率		
		a	e	A	E		a	e	s	A	E	S
BMI現在値	AE	0.85	0.53	72	28	AE	0.76	0.55	0.35	58	30	12
BMI最大値	AE	0.87	0.50	75	25	AE	0.74	0.51	0.43	55	26	19

*aes,AE,Sについては図1、図2を参照。

*たとえばAEモデルであれば、 $A=a^2/(a^2+e^2) \times 100$, $E=e^2/(a^2+e^2) \times 100$ である。

表5 2変数遺伝/環境モデルによるモデルフィッティングの結果

Model	Correlated Factors		Cholesky Decomposition	
	ACE	AE	ACE	AE
df	11	13	11	14
χ^2	20.67	20.67	16.93	20.54
AIC	-1.33	-5.33	-5.07	-6.46

*それぞれのモデルは図3、図4を参照。

* $AIC = \chi^2 - 2df$ である。

表6 2変数モデルより得られたパス係数の推定値と分散成分の割合

Correlated Factors Model	AE	パス係数				遺伝相関	環境相関		
		a1	e1	a2	e2				
		0.86	0.51	0.84	0.54			0.96	0.67
		分散成分の百分率							
		A1	E1	A2	E2				
74	26	71	29						
Cholesky Decomposition AE Model		パス係数							
		a11	e11	a21	e21			a22	e22
		0.86	0.51	0.81	0.36			0.23	0.40
		分散成分の百分率							
		A1	E1	A2	E2				
74	26	71	29						

*パス係数の表す意味は図3、図4を参照。

*例えば $A1=a1^2/(a1^2+e1^2) \times 100$, $E1=e1^2/(a1^2+e1^2) \times 100$ である。