

人口学講義 (出生の分析)

中澤 港
(山口県立大学看護学部)
<minato@ypu.jp>

出生研究の方法

- 出生のプロセスに迫る方法
 - 生物人口学的アプローチ
 - 社会人口学・経済学的アプローチ
 - 近成要因 (proximate determinants)
 - 出生に影響する環境要因
 - 出生水準を示す指標
 - 粗出生率のような単純なものから W T F R のような概念的にも複雑なものまでいろいろ……目的次第
 - 出生をあらわす数学モデル
 - スケジュールのモデル化
 - パリティのモデル化
 - 出産間隔のモデル化
-
-

哺乳動物の生殖パラメータ

表1. 霊長類を中心とした哺乳動物の生殖パラメータ

動物の種類	在胎日数	一腹子数	離乳日齢	月経周期 (日)	成熟月齢	閉経月齢	完結出生児数	出典
ヒト	267	1.0	720-2555	27-31	151-224	516-617	0-15	(1),(3), (6), (7)
チンパンジー	228	1.0	1460-1825	35-36	118-156	444-480	1-4?	(1), (4), (6)
ゴリラ	256-258	1.0	730-1583	28-32	78-117	480?	5-10?	(1), (4), (6)
オランウータン	260-264	1.0	1095-2190	29-30	72-172	600?	5?	(1), (4), (6)
テナガザル	205-231	1.0	330-730	27-28	84-96	360-480	7-11?	(1), (4)
ハヌマンラングール	168-210	1.0	730	30	36-48	240?	8-10?	(1), (4)
ゲラダヒヒ	170-180	1.0	450-550	32-36	49.5	?	?	(1), (4)
マントヒヒ	172	1.0	?	31-35	42-48	360-480	?	(1), (4)
ニホンザル	165-173	1.0	?	28	42	360?	?	(1), (4)
クモザル	226-232	1.0	365	24-27	48-51	240?	?	(1), (4)
ホエザル	180-195	1.0	630	13-24	45	156?	?	(1), (4)
オマキザル	160-180	1.0	270	15-20	43-48	480?	?	(1), (4)
ライオンタマリン	125-130	1.8	90	?	18	168?	?	(1), (4)
タマリン	127-149	1.5-2.0	55-90	16	12-20	156?	?	(1), (4)
ロリス	160-174	1.6	?	40	13	144?	?	(1), (4)
キツネザル	118-135	1.0-1.1	105-135	33-39	10-30	180-360	6-12	(1), (2), (4)
ゾウ	620	1	?	?	120-180	720	5-6	(5)
ウシ	275-290	1	?	?	?	?	?	(3),(8)
ウマ	335-345	1	?	?	?	?	?	(3),(8)
ヒツジ	145-155	1-3	?	?	?	?	?	(3),(8)
ネコ	52-78	4	?	?	7	?	?	(3),(5)
ウサギ	30-32	1-13	?	?	?	?	?	(3),(8)
マウス	19	8	?	?	1	36	135	(5)

(1) Harvey et al. 1987, (2) 岩本 1977, (3) Wood 1994, (4)ネイピア 1987, (5)杉本, 古市 1998, (6) Hawkes et al. 1998, (7) Dettwyler 1995, (8) 林 1968

ヒトの生殖戦略の特徴

- 霊長目全般にいえることだが、一腹仔数が少なく、成熟までにかかる時間が長く、1回の出産（受胎待ち期間を含む）にかかる時間が長い
 - 再生産期間は比較的長い
 - 全般的にいえば、比較的少数の子を産み、ケアしながら育てるK戦略者
 - チンパンジー、ゴリラ、オランウータンなどに比べると、ヒトは、1回の出産にかかる時間は短い社会が多く、K戦略者をやや逸脱
 - 閉経後の生存期間が長いのもヒトの特徴。進化生態学的には不思議な現象。おばあちゃんの孫育て仮説などで一応の説明。
-
-

生殖に必要な条件

- 女性に卵の供給能がある
 - 男性に精子の供給能がある
 - 適切なタイミングで性交が行われる
 - 受精卵が子宮に着床する
 - 在胎期間を生き延びる
 - 生きて分娩が行われる
- これらの過程は、神経とホルモンの作用で厳密にコントロールされている。
-
-

卵の供給

- 出生時に女児が卵巣内にもつ原始卵胞は約500万個
 - 思春期になると月経が始まり、原始卵胞から1つずつ成熟卵胞ができる。
 - 月経開始にはある程度の体脂肪蓄積がシグナルとして必要(レプチンが関与?)。あとは周期的(視床下部=下垂体=卵巣系による)
-
-

精子の供給

- 受精に必要な条件
 - 運動性のある精子
 - 十分な濃度 (2000 万個 /cc 未満では受精しにくい)
 - 性交時の射精
 - SRY 遺伝子により胎生7~8週で精巣に精細管と間質細胞出現
 - 視床下部から GnRH → 下垂体から LH と FSH のパルス → 間質細胞を刺激してテストステロン分泌 → 性分化 (脳の性分化は胎生 14-20 週のテストステロン濃度の急上昇による)
 - 卵とは違って周期性はなく、精子形成細胞から常に作られ続ける。1日あたり約1億個の精子形成
-
-

性交

- 哺乳動物の雌の性行動が初めて起こるのは個体が成長し、春機発動期(ヒトの思春期にあたる)に到達したとき
 - 春機発動期以降の牛やヤギの雌は3週間に1度発情。16～20時間続く特徴的な性行動提示と自己を維持する活動の低減。
 - 行動系と内分泌系のリズムが協調: GnRH の作用は性行動そのものも調節しているらしい(GnRH を脳内に直接投与するとロードシス商が上昇する実験結果がラットで得られている)
-
-

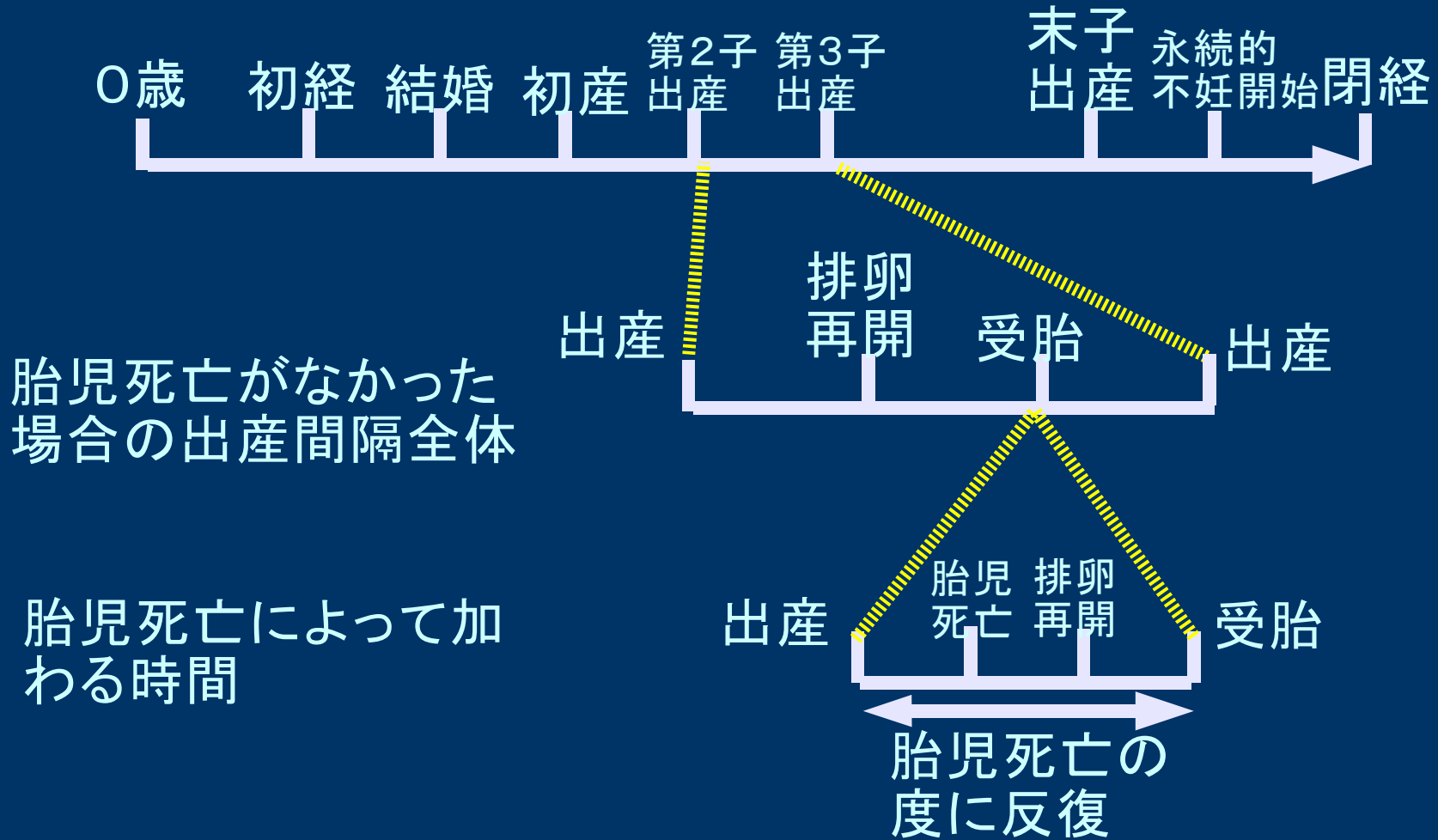
受胎

- 適切な時期(理想的には排卵後 24 時間以内。子宮や卵管内での精子の寿命は約3日を考えると排卵前後2日程度)に妊孕力がある男女の間で性交があった場合, 受胎が成立する確率は1月経周期あたり 30 %
 - 女性の年齢が 40 歳代だと 20 歳代に比べて受胎確率は低下する。男性の年齢は無関係。
 - 卵母細胞1つに出会う精子は約 200 個。1つだけが透明帯を破って先体反応を起こし受精。早ければ3時間後から EPF 分泌。
 - 子宮内膜に着床すると hCG 分泌開始。
 - ヒトの在胎期間は平均 37.4 週。早期胎児死亡はかなり多く, EPF を使った研究では 89% というデータもある。
 - 早期胎児死亡は無排卵期間をもたらすので実質的には月経周期延長と同等の効果をもち, 出生率低下に寄与する。
-
-

生物学的な出生力の多様性

- 遺伝的要因
 - 抗精子抗体や Rh 式血液型不適合
 - 遺伝的な低妊孕力
 - 内分泌機能が遺伝子支配を受けていることから、例えば肥満は出生力低下をもたらす。レプチンの役割が重要な可能性
 - フェロモン支配
 - 環境要因
 - 性病の後遺症による不妊
 - 授乳を長くすると、栄養状態が悪いととくにそうだが、産後無月経期間が長くなって、妊孕力は低下する
 - ストレスの影響
 - 環境内分泌攪乱物質の影響
-
-

女性の再生産期間



出典：Wood, 1994 を翻訳

視床下部—下垂体—性腺(卵巢)系

- 視床下部 (GnRH 分泌を周期的に増減): パルスジェネレータにより GnRH 増→下垂体を刺激して FSH 分泌
- FSH 分泌→卵巢を刺激して数十個の原始卵胞が発育開始: 原始卵胞がエストロゲン分泌すると同時に子宮内膜が増殖
- 卵胞期: 原始卵胞の1つが主席卵胞となり, 他の原始卵胞の発育停止。主席卵胞内で卵原細胞が第1次卵母細胞に。エストロゲン増, ピークで血中濃度 250-450 pg/L が2日続くとサージジェネレータ(女性のみ)により視床下部から GnRH 著増→下垂体からの FSH 低下, LH サージ→主席卵胞から第1回成熟分裂した卵母細胞放出(排卵)
- 黄体期: 排卵後の卵胞が LH の作用で黄体へ。体温上昇, 子宮内膜肥厚, LH 低下。14 日で黄体の寿命が尽きると子宮内膜が基底部分を残して壊死し, 体外へ排出(月経)

GnRH パルスジェネレータ

- 霊長目では約1時間周期の発火
 - 負のフィードバック制御
 - エストロゲン濃度上昇 → エストロゲン感受性ニューロン感知 → 神経伝達物質分泌 → オピオイドニューロン刺激 → β エンドルフィン分泌 → NOニューロン抑制 → GnRHニューロン抑制 → GnRH分泌低下 → LH低下 → 卵巣刺激停止 → エストロゲン濃度低下
-
-

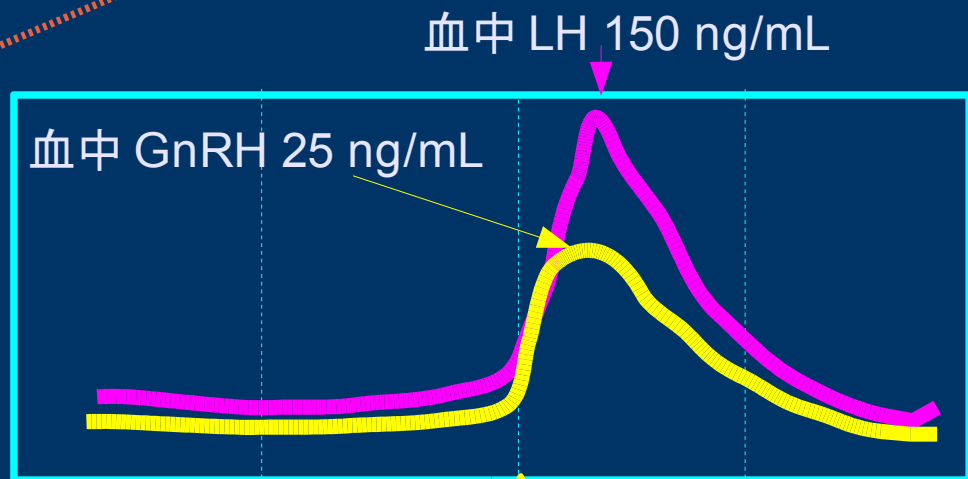
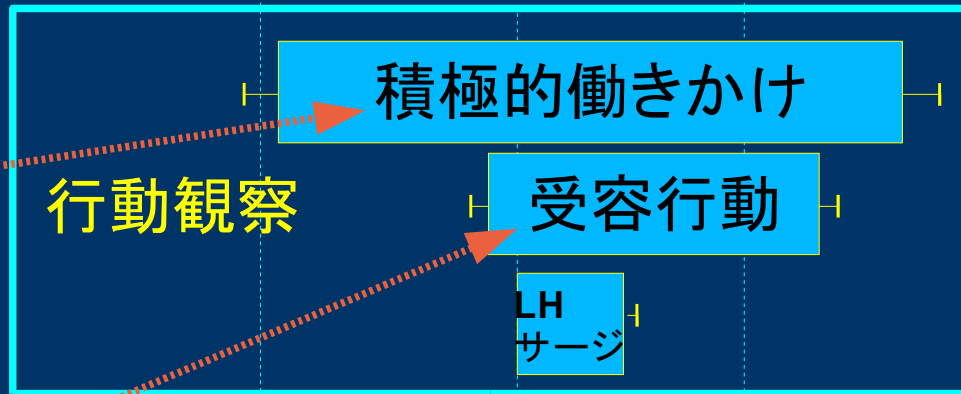
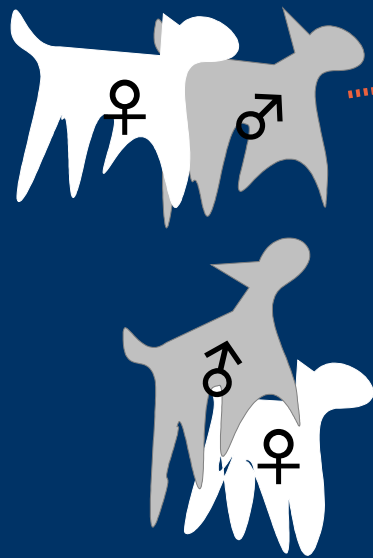
GnRH サージジェネレータ

- ラットの実験結果：LH サージ開始前に GABA_A 阻害物質を投与するとサージが早まるがそれ以外の時点では効果なし
- GnRH 分泌は、通常、GABA ニューロンによって抑制されている→卵胞が成熟してエストロゲン曝露が一定レベルで一定時間を超えると排卵準備完了シグナルとなって GABA ニューロン作用停止→ GnRH サージ！

生殖内分泌系におけるレプチン



ヒツジの血中ゴナドトロピン レベルと性行動の同期



-20 時間

+20 時間

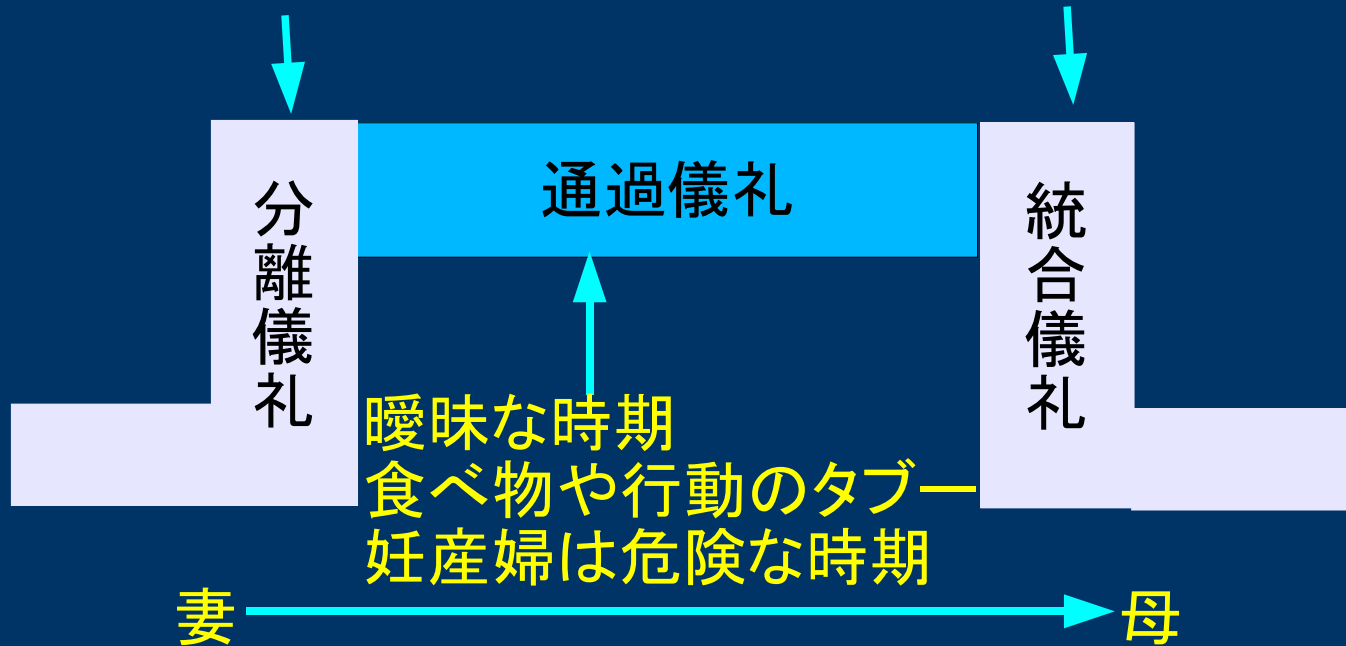
LH サージ開始時刻

妊娠・出産の文化的意味

妊娠 → 出産・産褥 → 日常生活へ戻る

他の女性から分離
別小屋への移動

共同体への復帰
浄化儀礼 名づけ



出典：松岡悦子「出産の文化人類学：儀礼と産婆[増補改訂版]」海鳴社，1991年

出生率低下を説明する仮説

<http://phi.ypu.jp/demography/demotran.html>

- シカゴ学派(子どもの養育コスト上昇により質を保つために数が減少) vs イースタリン(子ども需要の低下)の論戦
 - 女性の教育と地位の向上による意図的な出産制限
 - 家父長制の崩壊による
 - 西洋化による核家族化がもたらした世代間の富の流れの逆転で子どもを増やせなくなった
 - 子どもにとって競争的な環境になったから
 - 低出生という文化の継承と伝播
 - 環境変化による不適応
 - etc.
-
-

出生力の近成要因モデル



文化的, 社会経済的, 環境, 生理的変数

中間媒介変数
(intermediate variables)

TFR
完結出生数
年齢別出生率
等

中間媒介変数

- 基本要因
 - 既婚者の割合
 - 有配偶出生力の計画的調節要因
 - 避妊
 - 人工妊娠中絶
 - 自然出生力要因
 - 授乳性不妊（授乳による無月経）
 - 性交頻度
 - 不妊
 - 自然胎児死亡
 - 受胎可能な期間
-
-

自然出生力要因の詳細

(Wood, 1994)

- 曝露要因
 - 結婚年齢
 - 初経年齢
 - 閉経年齢
 - (もし閉経より早いなら) 病理的不妊の開始年齢
 - 感受性要因
 - 授乳性受胎不能継続期間
 - (次の受胎確率要因によって規定される) 受胎可能な受胎待ち時間
 - 性交頻度
 - 月経周期の長さ
 - 有排卵性月経割合
 - 排卵当たりの受胎可能期間
 - 受胎可能期間中の1度の性交による受胎確率
 - 胎児損失確率
 - 早期胎児死亡に伴う非感受性期間の長さ
 - 生産にいたる妊娠の長さ
-
-

Coale and Trussell (1978) の M と m

$$r(a) = M * n(a) * \exp(m * v(a))$$

r(a): 年齢 a の出生力

n(a): 年齢 a の自然出生力

v(a): 年齢 a の, 加齢に伴う自然出生からの乖離の程度

M: Coale と Trussell の, 全体としての出生レベルの指標

m: Coale と Trussell の, 加齢に伴う乖離の強さの指標

現代日本のデータに fit させると,

年	M	m
1950	0.793	0.676
1990	0.881	1.795
1995	1.066	2.430

自然出生力集団の M と m

集団と年代	完結出生	M	m
ハテライト 1921-	10.9	1.148	-0.082
カナダ 1700-	10.8	1.103	-0.152
ハテライト 1921 以前	9.8	1.016	-0.125
ジュネーブ *	9.4	1.186	0.236
イラン農村 1940-50	7.5	0.867	0.079
台湾 1900 年頃	7.0	0.805	0.071
ギニア 1954-1965	6.2	0.824	0.390

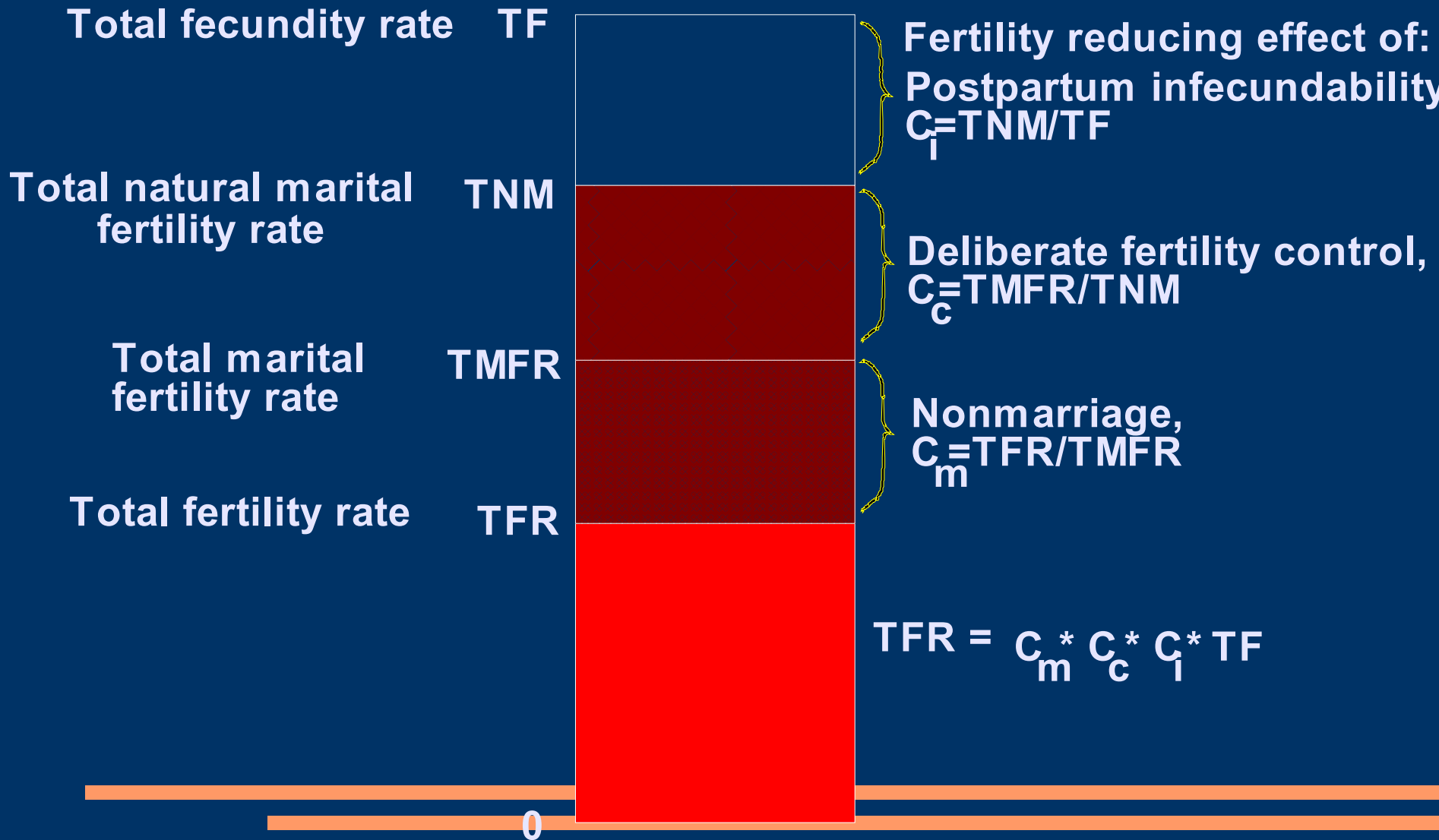
※ 完結出生の数字は, 20 歳で結婚した婦人の生涯平均出産児数(完結出生力)

* ジュネーブの中産階級 1600-1649 年

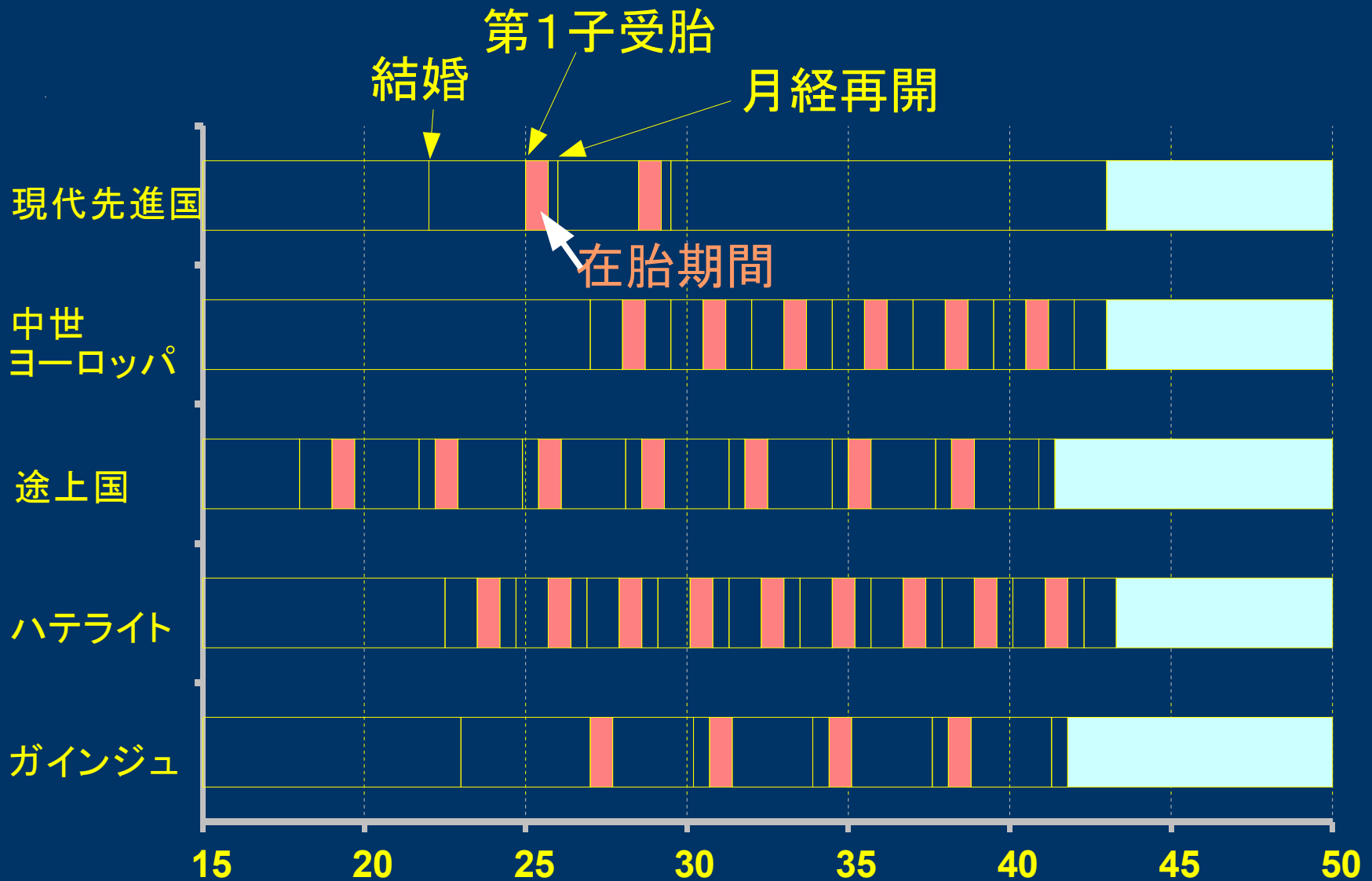
▼ ハテライトは北米大陸に居住するメノナイト宗派の一分派で伝統的な農業と自然な生活を主義とする。教義によりできるだけ子供をたくさん産むことが是とされている。

出典: 柏崎浩「自然出生力と抑制された出生力」生物の科学・遺伝, 44(12): 20-24.

出生力と妊孕力の違いに関する Bongaarts モデル



いくつかの集団の出産暦パターン



出生力の指標（配布資料参照）

- 断面研究からの指標
 - 計数データから計算できるもの：CBR, ASFR, TFR, ASMFR, TMFR, GRR, NRR, MISG, CWR, RBM
 - 母親への遡及聞き取りデータから計算できるもの：MCP, PPR, 子ども数分布, 出生間隔, ABLC, PSBP, TLFR, DMR
 - フォローアップ研究からの指標
 - 基本的には断面研究の遡及聞き取りの指標は計算できる。それに加え, Wanted TFR, 累積出生率, 完結出生力, 累積純出生力もデザイン次第で得られる。
 - その他, 歴史人口研究, 二次資料から指標を計算する場合も, 別に考える必要がある。
-
-

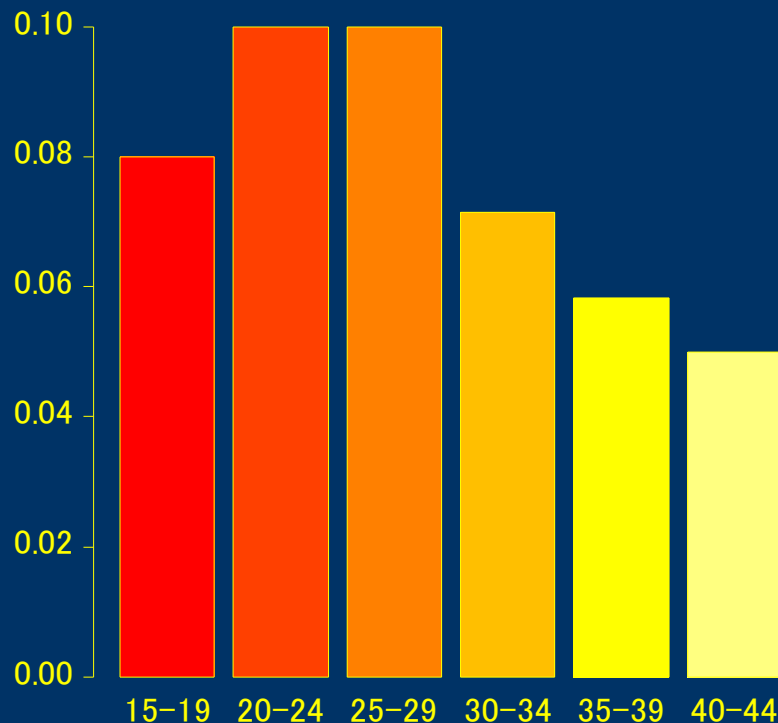
希望子ども数 (Bongaarts, 1990)

- Unwanted birth: これ以上子どもはいらないという時点に到達して以降の出生。wanted birth と排反。→ wanted fertility は直接指標ではなく、unwanted でないものとして計算される。(cf) intended number of children / ideal family size
 - Desired family size: 個人またはカップルが、自分たちにとって持ちたいと思う子ども数。WFS では、既婚女性に「もし生涯に生む子どもの数を正確に選べるとしたら、何人ですか」と訊いた回答。バイアス、攪乱要因多し。
 - Desired TFR: Westoff et al. が提案。desired family size を超えた出生を計算から除いた TFR。意図せぬ出生制限、非数値回答、子どもの死亡、タイミングの変化という攪乱要因は除けるがまだ不完全。
 - Wanted status of recent births: WFS では、最近5年間の各出生について、それが望んだものだったか否かを尋ねる→ Reported wanted TFR は TFR の計算から、この質問で not wanted と回答されたものを除いて行えば得られるが、2つのバイアス(社会規範などにより大きめに申告する、質問項目の違いの影響)がある。
 - Wanted TFR: want-more にバイアスが少ないことに着目して Bongaarts が改良した値
-
-

仮の断面研究からの計算

- ある村を調査したところ、年齢階級別人口と女性のその年の出産数が下表の値だったとする。

年齢	男性	女性	出産数
0~14	800	800	0
15~19	200	200	16
20~24	180	180	18
25~29	160	160	16
30~34	140	140	10
35~39	120	120	7
40~44	100	100	5
45~	300	300	0
合計	2000	2000	72



- CBR は $72/4000 \times 1000 = 18$
- ASFR は $5f_{15} = 0.08$, $5f_{20} = 0.1$, $5f_{25} = 0.1$ など (右上図)
- TFR は $5f_{15} \times 5 + 5f_{20} \times 5 + \dots + 5f_{40} \times 5 = 2.3$ (5歳階級なので5倍)

出生間隔データの分析

- 母親に対して、全ての子どものお出生年月日を聞き取ることは、統計がしっかりしていない社会でも比較的信頼性の高い方法である。
 - 人口規模が小さくても使える上、過去の推計もできるという利点がある。
 - 古くなるほど誤差が大きくなるバイアスや、他に影響を受ける要因が多いのは欠点。
 - 結婚から第一子誕生までの期間や、第一子と第二子の出生間隔がよく使われる。
-
-

ソロモン諸島のある村の女性全員の出産暦

MO_ID	MO_BD	C1_BD	C2_BD	C3_BD	C4_BD	C5_BD	C6_BD	C7_BD	C8_BD	C9_BD	C10_BD	C11_BD
20102	390000	0	640600	680000	711014	760000						
60202	250000	480415	560921	630000								
50102	400000	550000	590000	630000	660810	681011	710319	741018	760611	0		
30602	450000	580000	601004	630000	650000	670000	670000	720000	740000	750000	780714	
10502	400000	600716	630000	650807	670000	690609						
10102	400000	651103	681225	0	720200	0	790517	0	820000	840503	860527	890302
30102	490000	680000	700000	720000	750000	770000	820927					
10202	490000	680000	720826	760000	830000							
40302	580000	700000	780606	820906	901012	910606						
40102	570000	710114	730000	750000	770000	810621	840101	870802	920813			
20502	580000	720906	740704	761106	800407	811126	860516	910406				
50302	520000	730000	780000	800000	830000	870000	0					
10402	441101	730324	760723	770801	880119							
60302	460000	740000	770000	790000	800000	820000						
70202	550000	740000	780000	800000	840000	870000	890000	920000	941100			
70302	600000	750000	780000	800000	820000	850500	860000	880000	920000	940000		
20302	610000	760709	771020	790309	811002	850415	890803					
30702	600000	810500	820000	830000	840000	850000	900924	930430	950604			
30502	501205	820921	840803	881228								
60402	530000	830212	850216	900916	950921							
10802	650521	840623	861009	890727	920329	940416						
50402	670000	861114	880430	900130	910000	930325	950108					
20602	651114	870904	881111	900519	911104							
60102	570000	880000	950905									
10902	670000	900000	910000	950319								
30202	710000	900408	920210	940305								
40202	640000	901007	931109									
60204	680000	910000	920000									
50202	640000	911001	921020									
20202	711014	920801	931127									
10302	720826	920823	940308									
11002	700917	930303	950513									
10702	670304	930701										
80102	720229	940125										
11102	670809	940406										
30302	720000	940611										
50303	730000	950300										
10602	740700	950317										
20504	740704	950905										
60303	740000	951024										
70102	0	420000	450000	470000	520000	531225	550000	630000	670000			

Kaplan-Meier プロットと加速モデル(1)

