

201303004A

厚生労働科学研究費補助金  
地球規模保健課題推進研究事業

東アジア低出生力国における人口高齢化の  
展望と対策に関する国際比較研究

(H24－地球規模－一般－003)

平成25年度 総括研究報告書

研究代表者 鈴木 透

平成 26(2014)年 3 月

# 目 次

## I 総括研究報告

総括研究報告書（要旨）	3
東アジアの人口高齢化—形式人口学的分析—	鈴木 透 9
中国都市戸籍住民における年金・医療保険の加入と主観的幸福度	馬 欣欣 29

## II 分担研究報告

分担研究報告書（要旨）	63
中国高齢化の地域比較	伊藤正一 93
東アジアにおける宗教と健康関連行動・意識—EASS2010の比較分析—	小島 宏 103
韓国の高齢者対策：女性独居老人問題・老人自殺予防センターを中心に	相馬直子 141
総人口増加率に期首人口割合が及ぼす影響： シンガポールと横浜市の比較分析	菅 桂太 155

## III 研究成果の刊行に関する一覧表 185

## IV 研究成果の刊行物・別刷 189

## 研究者名簿

### 研究代表者

鈴木 透 (国立社会保障・人口問題研究所 人口構造研究部長)

### 研究分担者

伊藤正一 (関西学院大学 国際学部長・教授)

小島 宏 (早稲田大学 社会科学総合学術院教授)

相馬直子 (横浜国立大学 大学院国際社会科学研究科准教授)

菅 桂太 (国立社会保障・人口問題研究所 人口構造研究部研究員)

### 研究協力者

馬 欣欣 (京都大学 大学院薬学研究科講師)

# I 総括研究報告



厚生労働科学研究費（地球規模保健課題推進研究事業）  
総括研究報告書

東アジア低出生力国における人口高齢化の展望と対策に関する国際比較研究

研究代表者： 鈴木 透 国立社会保障・人口問題研究所人口構造研究部長

日本を追いかけて急激に人口高齢化が進む韓国・台湾・中国・シンガポールに関し、高齢化の人口学的分析と各国の政策対応に関する比較研究を行う。人口高齢化の主な要因は出生力・死亡率の低下だが、日本以上に出生力低下が著しい東アジア諸国では、将来日本を上回る人口高齢化が起きる可能性が高い。経済発展や社会保障制度の整備が不十分な状態での急激な高齢化は、東アジアの低出生力国に深刻な問題をもたらしている。政策的対応については、高齢者の扶養・介護にとどまらず、家族・経済・雇用・移民といった関連する政策を統合的に把握する必要がある。

研究分担者：

伊藤正一（関西学院大学国際学部長・教授）  
小島 宏（早稲田大学社会科学総合学術院教授）  
相馬直子（横浜国立大学大学院国際社会科学研究所准教授）  
菅 桂太（国立社会保障・人口問題研究所人口構造研究部研究員）

研究協力者：

馬 欣欣（京都大学大学院薬学研究科講師）

しんで来た東アジア諸国にとって、出生促進策を含む人口政策の転換は難しかった。日本が1990年代にエンゼルプランとゴールドプランによって転換を果たしたのに対し、韓国は2006年、台湾は2008年に至ってようやく出生促進策に踏み切った。シンガポールは1980年代から優生学的関心にもとづく出生促進策を採って来たが、都市国家の特性上移民政策の比重が大きい。中国は若干緩和されたものの、未だに一人っ子政策を続けている。このような状況の多様性のため、高齢化への対応として社会保障・福祉政策にとどまらず、家族・経済・雇用・移民といった関連する政策を統合的に把握する必要がある。

B. 研究方法

これまで申請者らが行って来た研究では、韓国・台湾・シンガポールの出生率低下を含む家族人口学的変動と、出生促進策を中心とする家族政策を比較分析してきた。そうした土台に立って、本研究では人口高齢化とその社会保障・経済成長・社会変動に対する影響、および高齢者対策を中心とする人口政策について比較分析を行う。具体的には文献・理論研究（1年目）、比較分析（2年目）、政策評価・提言（3年目）の段階を踏んで、東アジア低出生力国における高齢化への対応が日本の政策展開に対して持つ示唆点と、日本が提示し得るモデルを明らかにする。

A. 研究目的

2000年代に起きた韓国・台湾をはじめとする東アジアの急激な出生率低下は、世界の人口学者を驚愕させた。現時点で最も人口高齢化が進んだ国は日本だが、現在のように日本を大幅に下回る出生率が続けば、50年ほどで日本に追いつき、日本を上回るとてつもない高齢社会に突入する可能性もある。実際に現在の趨勢が続けば、2050年頃の世界で最も高齢化が進んだ10ヶ国・地域のうち半数以上を日本、韓国、台湾、香港、マカオ、シンガポールといった東アジア勢が占めると予想されている。それを中国が急速に追い上げて来るだろう。このように東アジアにおける世界史上未曾有の急激な出生率低下とそれに伴う人口高齢化は、集中的に研究すべき喫緊の課題である。

長年にわたり高出生力と人口爆発の恐怖に苦

2年目である平成25年度は文献・理論研究を継続するとともに、比較分析に重点を置いた。国連人口部の将来推計によると、韓国・台湾・中国・シンガポールはいずれも2010年代に人口ボーナスが終了し、従属人口指数が上昇に転じる。特に中国では経済が成熟する前に人口高齢化によって発展が阻害される「未富先老」への懸念が強く、人口ボーナスの終了に対しても危機感がある。そこで日本を含む5カ国の人口高齢化と人口減少に、出生力低下が人口学的ボーナスを含む高齢化指標に与える影響を検証した。また中国では年金・医療制度が十分に成熟しているとは言いがたい状況に鑑み、制度加入が幸福度に与える影響をマイクロデータを用いて検証した。

また喫煙・飲酒・運動のような健康行動とウェルビーイング、および老後への懸念についても、日本・韓国・台湾・中国で行われた社会調査の個票データを用いて比較した。

## C. 研究結果

### C-1. 東アジアの人口高齢化—形式人口学的分析—

出生力低下速度が高齢化率、中位数年齢、従属人口指数、人口ボーナスの持続期間、人口減少開始時期といった様々な指標に与える影響を数学的に分析するため、スタイライズされた線型モデルを用いて考察した。線型モデルによると、出生力低下速度が大きいほど従属人口指数は低い水準まで低下し、人口ボーナス期間は長くなることが導かれた。実際に国連人口部の将来推計によると、日本より出生力低下が急激だった韓国・台湾・中国・シンガポールの従属人口指数の最小値は、日本より低い値まで低下した。また人口ボーナスの持続期間も、日本(40年)に対し、韓国(50年)、台湾(55年)、中国(45年)、シンガポール(45年)と長かった。64カ国の低出生力国についても、同様の関係が確認された。

中国はアジア四龍(韓国・台湾・香港・シンガポール)に比べ一人当たり所得がまだ低い段階で、四龍とほぼ同時期に人口ボーナスが終了してしまう。このことと関連して、中国の人口ボーナス期間が韓国・台湾より短いことが注目

される。中国では1980年代後半のベビーブームのエコーとして2010~15年に小さなベビーブームが起これ、これが従属人口指数を引き上げる。これが高齢化による従属人口指数の上昇に直接つながってしまうため、中国の人口ボーナスは韓国・台湾より5~10年短くなることが示された。

人口ボーナス以外への影響としては、出生力低下速度が大きいほど65歳以上割合も中位数年齢も急速に上昇するが、中位数年齢の変化は直線的になり得ることが線型モデルによって示唆された。実際に東アジア5カ国における中位数年齢の上昇は、65歳以上割合に比べ直線的だった。さらに線型モデルは、出生力低下速度が大きいほど人口減少の開始時期が早いことを示唆した。しかしヨーロッパでは第一次世界大戦後に既に低出生力を経験した国が多いため、1950年以後のデータだけではこの関係は検証できなかった。

### C-2. 中国都市戸籍住民における年金・医療保険の加入と主観的幸福度

中国では農村居住者や都市の自営業者を対象とする公的年金制度が発足したのは最近のことで、受給者はほとんどいない。都市住民全体をカバーする医療保険制度が発足したのも、ごく最近である。このように整備が現在進行中である年金・医療保険制度への加入が都市住民の主観的幸福度を向上させるのか、2007年中国家計所得調査の個票データによって検証した。

年齢別に見ると、70歳以上の後期高齢世代で幸福度が低かった。年金加入類型別にみると、「年金加入・自己負担」の場合に「幸福」の割合が最も低く、「年金加入・両方負担」で最も高く、「年金加入・勤務先負担」「年金未加入」が中間に来た。ただし「非常に幸福」の割合は、「年金加入・勤務先負担」で最も高かった。医療保険加入類型別にみると、「公的医療保険のみ加入」で「幸福」の割合が最も高く、「その他の医療保険加入」で最も低く、「商業医療保険のみ加入」「混合型医療保険加入」「医療保険未加入」が中間に来た。ただし公的医療保険のみ加入の場合の「非常に幸福」の割合は、未加入者に次いで低かった。いずれにせよ、未加入者の幸福度が必ずしも低くないことが注目された。

順序ロジット分析の結果、「年金加入・自己負

担」と「年金加入・両方負担」は「年金未加入」に比べ幸福度が低く、保険料の負担感が影響していることが示された。一方、医療保険加入類型は幸福度に有意な効果を与えていなかった。世代別に層化した分析では、55～59歳で「年金加入・自己負担」と「混合型医療保険加入」が幸福度を抑圧する効果が見られ、保険料負担感の影響が示唆された。一方で70歳以上では、「年金加入・勤務先負担」で幸福度が有意に高かったが、医療保険加入の効果は5%水準で有意でなかった。

### C-3. 中国高齢化の地域比較

中国の人口高齢化の特徴として、(1)高齢者人口規模の巨大さ、(2)高齢化の急速さ、(3)地域発展の不均衡、(4)都鄙格差の大きさ、(5)女性高齢者の多さ、(6)未富先老が指摘される。地域別では、都市部より農村部の方が高齢化していることが確認されている。省級別の65歳以上割合は、チベット自治区(4.83%)から重慶市(12.42%)の幅がある。四川省はもともと離農向都移動が盛んで、重慶市でさえ生産年齢人口の流出が大きい。四川省以外で高齢化が進んでいるのは江蘇省と湖南省である。チベットに次いで65歳以上割合が低いのは寧夏回族自治区、新疆ウイグル自治区、広東省、青海省で、労働力流入が顕著な広東省以外は漢族以外の自然動態率によると思われる。

広州市は中国全土から労働力を吸引しているが、高齢化の度合いは広州市籍を持つ者と外来者では大きく異なり、外来人口に占める65歳以上割合は1.19%に過ぎない。このため外来者が多い地区とそうでない地区では、高齢化率が大きく異なる。広州老年学会(2010)の高齢者生活状況調査によると、高齢者の所得水準が低く経済的に脆弱で、農村部では公共施設が十分でなく、十分な医療を受けられない等の問題がある。基本年金保険参加率は、都市部の74.3%に対し農村部は8.9%と大差がある。高齢者の子との同居割合は都市部で64.5%(1998)→25.5%(2008)、農村部でも76%(1998)→40.5%(2008)と激減した。一方で養老院入居希望は都市部で32.4%(1998)→49.1%(2008)、農村部でも21%(1998)→37.8%(2008)と増加した。

中国農村の社会保障は、1986年に貧困対策として始まった。まず広州・深圳、北京・浙江、

上海・成都でモデル事業として行われた。2002年からは農村部の社会保障が重視されるようになった。2008年の中国人民大学の調査によると、医療保険に加入している農民は39.1%、年金保険に加入している農民は8.3%だった。

張秀蘭(2012)は、高齢者福祉の問題点として、(1)農村人口の年金加入率の低さ、(2)戸籍制度に伴う農村差別、(3)一人っ子政策の高齢化促進効果、(4)離農向都異動に伴う農村部の高齢者の脆弱性、(5)農村部の急速な高齢化をあげた。山東省における分析では、高齢化は既に社会保障財政を圧迫し、特に農村で顕著である。

### C-4. 東アジアにおける宗教と健康関連行動・意識—EASS2010の比較分析—

日本・韓国・中国の総合的社会調査(2010年)および台湾社会変動調査(2011年)の個票データを用い、喫煙・飲酒・運動のような健康行動とウェルビーイング、および老後への懸念について分析した。単純集計を見ると、喫煙率は一般に男性の方が高いが、日本が男35%・女11%であるのに対し、中国は男60%・女5%、韓国は男53%・女6%と男女差が極端である。一方台湾は男66%・女51%で、女性の喫煙率が高い。飲酒率も中国では男64%・女14%で、男女差が著しい。日本の男84%・女58%に対し、韓国は男80%・女56%で似たような水準である。台湾は男79%・女63%で、ここでも女性の飲酒率が高く男女差が小さい。四カ国中最もよく運動するのは台湾、最も運動しないのは中国で、四カ国とも女性の方が運動しない人が多い。鍼灸を最も利用するのは韓国、漢方薬を最も利用するのは中国で、いずれも日本で利用が最も少ない。四カ国とも女性の方が多く利用する。指圧・マッサージの利用が最も多いのは日本で、最も少ないのは中国であり、やはり四カ国とも女性の方が多く利用する。社会的信頼感日本と中国で高く、韓国と台湾で低いが、男女差は小さい。不幸福感は韓国・中国で高く、台湾で低く、男女差は小さい。「将来希望なし」は、男性では日本、女性では韓国が最多で、中国では男女とも少ない。老後の体力・決断力・財政力への懸念は、いずれも女性で強い。一般に日本人男性は最も心配性だが、台湾人女性は日本人女性より老後への懸念が強く、中国人女性も決断力・財政力に関しては日本人女性より懸念が強

い。

ロジット分析の結果を見ると、宗教は喫煙・飲酒を抑制するという結果が多い。ただし日本の60代男性は無宗教の方が飲酒率が低く、韓国の仏教徒男性は喫煙率が高く、韓国の30代女性は無宗教の方が飲酒率が低く、台湾人男性は無宗教の方が飲酒率が低く、中国の60歳以上男性は無宗教の方が飲酒率が低く、仏教徒女性は飲酒率が高いといった錯綜した結果も得られた。無宗教は「運動せず」を増やす傾向があるが、一部プロテスタントやその他の宗教で運動週間を抑制する結果が見られた。宗教は社会的信頼感を促進するという結果が多いが、韓国の仏教徒は社会的信頼感が低く、台湾では無宗教の方が社会的信頼感が高いという結果もある。幸福度は無宗教の方が高いのが一般的で、これは不幸を感じる人が入信しやすいと思われる。日韓の男性仏教徒は「将来希望なし」が多いが、台湾では宗教がこうした無力感を抑制していた。中国の20～30代男性では無宗教でむしろ無力感が少ない。無宗教の方が老後の懸念が少ないという関係は、日本人女性、台湾人男女、中国人男女で見られた。韓国ではキリスト教信者で老後の懸念が小さく、無宗教で大きいという関係が一般的だった。

#### C-5. 韓国の高齢者対策：女性独居老人問題・老人自殺予防センターを中心に

韓国では高齢者の貧困率・自殺率の高さが社会問題化しており、各自治体も独居老人支援や自殺防止対策に注力している。ソウル市の場合、独居老人は2011年に100万人を超えるが、女性が男性の4倍近いことから、独居老女に特化した対策を準備中である。対策立案のための研究結果を見ると、女性の独居老人は食生活が不適切で疾病率が高く、雇用機会が乏しく、家族からの支援を欠き、年齢や階層によって異なるニーズがあることが示された。

2012年の「ソウル高齢者総合計画」は高齢者全般を対象とする総合的な行動計画で、①第2人生設計の支援、②オーダーメイド型雇用、③健康な老後、④住みやすい環境、⑤活気のある余暇文化、⑥尊重と世代統合の6分野35政策で構成される。これを踏まえた女性独居老人対策が、近く策定されるものと思われる。

城南市の盆唐老人自殺予防センターは、高齢

者の自殺を予防するための多様なプログラムを実施している。実施している事業としては、市内の高齢者を対象とする心理健康度調査、自殺予防キャンペーン、警察・病院・保健所との連携強化、自殺リスク老人に定期的に電話をするTele-check事業、リスク老人の発見・監視に当たるGate-keeper育成事業、地域住民を対象とする自殺予防教育、主に鬱病患者を対象とする集団相談、自殺未遂者等を対象とする事例管理、リスク老人への相談および心理検査などがある。

#### C-6. 総人口増加率に期首人口割合が及ぼす影響：シンガポールと横浜市の比較分析

1980年以後の新嘉坡の人口増加（民族別）を横浜市（区別）と比較した。特定期間の人口増加率は、出生による純増とコーホート変化率による変動に分解できる。前者は期間内の出生者が期末に0～4歳になるまでの死亡・移動を考慮したもので、後者は純移動率と死亡率の差の加重平均である。特定期間のコーホート変化率から得られた安定人口の年齢構造と実際の年齢構造を比較することにより、過去の人口動態が現在とどのように違っていたかを推し量ることができる。

1980年以後の人口の変化を見ると、シンガポール人口は少子高齢化が進んでおり、特に中国系で著しい。5年期間の人口増加率は、1995～00年の9.6%台から2000～05年には5.9%に落ち、2005～10年は8.8%まで回復した。マレー系の人口増加はほとんど自然増加だが、中国系では1.7～4.6%の社会増加が見られる。横浜市の人口増加率はシンガポールより低く、1980年代の横浜市が2000年代のシンガポールに対応する。当然シンガポールより高齢化しており、粗死亡率が高い。年齢構造も、1980年代の横浜市と2000年代のシンガポールが以ている。

シンガポールも横浜も実績値の方が安定人口より若い。これは過去の方が若中年人口の転入超過が著しかったことによる。1980年代のシンガポールでは自然増加率はゼロに近かったが、それ以前にはかなりの若年層の流入があったため、20～30代が安定人口より多かった。1990年以後は自然増加が2.3～5.6%と大きくなり、少子高齢化を抑制した。

横浜市の社会増加率は、1980年代には3.3～4.4%でシンガポールを上回っていたが、1990



年代は0.2~1.5%と低調で、2000年代も2%代でシンガポールを下回っている。最近の横浜市は実績値と安定人口の年齢構造の差が小さくなっており、実際に自然増加率も2005~10年には1.0%まで低下している。

#### D. 考察

日本は現在世界で最も高齢化が進んだ国だが、国連の将来人口推計によると2060年には韓国・台湾の高齢化が日本を上回ると予想される。近年日本の合計出生率が1.4を上回る水準まで回復しているのに対し、韓国・台湾の合計出生率が1.3以下にとどまっていることを考えると、これは十分にあり得るシナリオである。一方で中国の出生率・死亡率水準は日韓台の水準まで落ちることはないと言われるため、人口学的指標だけをみると中国の人口高齢化は日韓台ほどの水準には至らないとされる。中国の人口高齢化の深刻さは、人口それ自体よりも「未富先老」と呼ばれるように人口と経済の不均衡に現れる。中国はまだ韓国・台湾ほどの経済発展水準に到達していないが、人口学的ボーナスは韓国・台湾と同時期に終了してしまう。

東アジア諸国には福祉充実とセーフティネット拡大への強い要望がある一方で、経済成長が最優先される雰囲気がある。特に中国は政治的安定のためにも経済成長が必須で、富の再分配や社会的弱者への配慮、環境保護などは後回しにされざるを得ない状況にある。東アジア諸国は、こうした経済成長優先のため高齢者福祉の充実を遅らせざるを得ないが、未富先老のような人口の早老化が経済成長を妨げることで、高齢化への対応がさらに遅れる危険をかかえている。

中国は婚姻法や老年人權益保障法によって、子による老親の扶養（贍養）義務を法的に定めている世界でも稀な国である。2013年の老年人權益保障法改正では、子の老親宅訪問を義務化した。2013年にはまた一人っ子政策を緩和し、夫婦とも一人っ子であれば2人目の出産が許容されるようになった。これらはセーフティネットが未発達な状況で進行する高齢化に対処するため、家族による高齢者の扶養・介護を強化するか、すくなくとも保持しようとする狙いがあると見られる。

韓国や台湾の政府文書に見られる伝統的価値の強調・涵養政策も、公的対応が後れる中で家族による高齢者の扶養・介護機能を維持し、問題の悪化を防ごうとする戦略ともとれる。しかし韓国の高齢者の独居割合は既に日本を上回るなど、家族変動も人口高齢化に劣らず急速に進んでおり、伝統回帰で解決する問題ではなさそうである。日本もかつて高齢の親と成人した子の同居を福祉の含み資産とする考え方があったが、伝統的家族パターンを保護して人為的に家族変動を遅延させ、公的支援の負担を抑制しようとする政策はうまく行かないだろう。

台湾の都市化や家族変動は韓国に比べ緩慢で、EASS2006結果をみると伝統的家族意識も韓国より色濃く残存しているように思われる。独居高齢者も韓国より少なく、世代間の絆も強いとしたら、公的扶助の進展が遅くとも、脆弱な高齢者は韓国ほどには急増しないかも知れない。一方で韓国を下回る出生率が伝統的家族観とポスト近代的状況の間の葛藤のためだとしたら、長期的には韓国より急激で深刻な高齢化をもたらすことになり、高齢者の福祉は深刻な脅威にさらされるだろう。

#### E. 結論

国民移転計算(National Transfer Account)の枠組では、高齢者の支出は「公的移転」「私的移転」「資産運用」の組合せによって賄われる。日本とシンガポールの公的移転は比較的充実しているが、ごく最近国民皆年金化が達成された台湾と中国は遅れており、韓国はその中間に位置する。家族扶養を中心とする私的移転については、圧縮的都市化により日本を上回る独居割合を示す韓国の高齢者が最も脆弱と見られる。都市化が緩慢だった台湾の高齢者は、家族による庇護が比較的厚いように思われる。本人夫婦の勤労所得や貯蓄の切り崩しや借金を含む資産運用に関しては、「未富先老」が問題となっている中国の高齢者が最も脆弱と考えられる。

一般には公的移転の役割が増す「福祉国家化」が世界史的な流れだが、国ごとに歴史的経緯も現在の状況も異なる。特に中国は法的に親孝行を義務化し、家族主義の涵養によって社会保障制度の未整備を補完しようとしている世界でも稀な国である。巨大人口国として、移民の受入

が問題外なものも中国の特徴である。中国以外の四ヶ国では外国人労働者や移民受入に向けた真剣な議論がなされており、東アジアで高級人材の獲得競争が展開される可能性もある。アベノミクスやクネノミクスといった経済政策の競争は現在進行中だが、女性と高齢者の活用を目指す雇用対策は高齢者の生活に直接的な影響を及ぼす。東アジアの急激な高齢化への請託的対応としては、社会保障政策を中心にこれらの広汎な政策とその成否について判断する必要がある。

F. 健康管理情報  
なし

G. 研究発表

1. 論文発表

SUZUKI, Toru (2014) *Low Fertility and Population Aging in Eastern Asia*, Tokyo, Springer.

SUZUKI, Toru (2013) “Japan’s Low Fertility and Policy Interventions,” Paper presented at XXVII IUSSP International Population Conference, Busan, Korea, August 2013.

KOJIMA, Hiroshi (2013) “Premarital Cohabitation and the Timing of Family Formation in East Asia and the West.” 27th IUSSP International Population Conference, Busan, Korea, August 28, 2013 (2013.8.28)

KOJIMA, Hiroshi (2014) “The Effects of Religion on Fertility-Related Attitudes in Japan, South Korea and Singapore.” International Conference on Discrepancies between Behavior and Attitudes toward Marriage and Fertility in Asia, 13-14 February 2014, Asia Research Institute, National University of Singapore (2014.2.14).

小島宏(2013)「東アジアにおける子育て支援制度利用経験の関連要因」『人口問題研究』, 第69巻第1号, pp.67-93.

小島宏(2013)「世界の宗教別人口のデータと将来推計」早瀬保子・小島宏編『世界の宗教と

人口』原書房, pp.1-29.

相馬直子(2013)「韓国：家族主義的福祉国家と家族政策」鎮目真人・近藤正基編『比較福祉国家』ミネルヴァ書房.

Keita Suga (2013) “The Second Demographic Transition in Singapore: Policy Interventions and Ethnic Differentials,” Population Association of America Annual Meeting 2013, New Orleans, U.S.A. (2013.4.10-13)

Keita Suga (2013) “Ethnic differentials in effects of the 1st marriage and marital fertility on below-replacement fertility in Singapore, 1980-2010: A lifetable analysis,” presented at Session “296”: Population and policy challenges in East Asia in XXVII IUSSP International Population Conference, Busan, Korea (2013.8.26-31)

2. 学会発表

小島宏 (2013)「東アジアにおける宗教と出生関連意識」日本人口学会第65回大会、札幌市立大学芸術の森キャンパス (2013.6.2)

小島宏 (2013)「東アジア諸国における同棲状態の関連要因——EASS ミクロデータの分析結果を中心に——」第23回日本家族社会学会大会、静岡大学 (2013.9.8)

相馬直子(2013)「ケアレジームの日韓比較」社会政策学会 第126回(2013年度春季)大会、2013年5月26日、青山学院大学.

菅桂太(2013)「シンガポールにおける出生力変動の生命表分析」第65回日本人口学会大会、札幌市立大学 (2013.5.1)

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 取得特許

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

# 東アジアの人口高齢化－形式人口学的分析－

鈴木 透（国立社会保障・人口問題研究所）

## I. 緒言

本稿では主に国連の将来人口推計(UNPD, 2013)にもとづき、日本、韓国、台湾、中国、シンガポールの人口高齢化を概観する。人口高齢化の主な要因は出生力低下で、死亡力低下は副次的な役割を果たすに過ぎない。出生力低下は人口増加率低下を通じて人口高齢化を促進する一方であるのに対し、死亡力低下は個人が高齢まで生存する確率を高め高齢化を促進する反面、人口増加率を引き上げ高齢化を抑制するからである(Lee 1994)。

しかし出生力低下が高齢者割合、中位数年齢、従属人口指数といった個々の指標にどのように影響するのか、具体的なことはよくわかっていない。また出生力が置換水準未満まで低下した場合、まず出生数が減少し始め、次いで年少人口、生産年齢人口へと減少が及び、最後には老年人口も減少を始めるだろう。この過程で総人口の減少開始と従属人口指数の上昇（人口ボーナスからオーナスへの転換）が起こるだろうが、これらの転換が起きるまでの時間や順序に出生力がどのように影響するのかもよくわからない。これは人口減少と高齢化が、ひとつの安定人口から別の安定人口へと移行する過程で開始し、あるいは進行するもので、既に安定状態にあることを前提とする安定人口理論では扱えないためである。

そこで本稿では、ごく初歩的な形式人口学的モデルを提示し、出生力低下が人口高齢化の諸指標や転換点にどのように影響するかを調べる。このモデルは出生数の減少や人口増加が時間に対し線型に進み、いずれは負の人口を生じてしまうため、100年間またはそれ未満という適用期限がある。また高齢者割合や従属人口指数や粗出生率の初期値が固定されており、実際のデータに当てはめるには限界がある。このようにエレガントとはいえないモデルだが、最小のパラメタで人口高齢化や人口学的ボーナスの終了、人口減少の開始といった変動を既述できる利点がある。

## II. 東アジアの人口変動

経済発展の時期に関して言えば、日本から東アジア四龍（韓国、台湾、香港、シンガポール）までおよそ20年間の開きがあり、四龍から中国までもやはり20年程度の間隔があるように思われる。日本の戦後高度経済成長は朝鮮戦争（1950～53年）をきっかけに始まり、1973年の第一次オイルショックまで続いた。韓国の「漢江の奇跡」と呼ばれる高度成長は、ベトナム参戦（1964年）と日韓基本条約締結（1965年）を契機とし、1970～80年代を中心に急速な成長を果たした。この時期に台湾・香港・シンガポールも急激な成長を遂げ、新興工業国(NICs)、後に新興興業経済地域(NIEs)の代表的な事例とされた。中国が市場経済化に踏み切ったのは1980年代だが、本格的な軌道に乗ったのは1990年代から

と考えられる。東京オリンピック（1964年）、ソウルオリンピック（1988年）、北京オリンピック（2008年）がほぼ20年間隔で並んでいるのも、日本、四龍、中国の発展段階を考える上で象徴的である。

政治的な民主化に関しては、先行した日本とそれを追いかけた韓国・台湾、および民主化が進んでいない中国・シンガポールの三つにグループ分けできる。日本の民主化は、1940年代後半に占領軍によって強制的に施行された。1987年6月に韓国では盧泰愚大統領が民主化宣言を行い、台湾では同年7月に戒厳令が解除され、民主化が達成された。この両国では産業構造や都市化、財閥の役割など経済発展の様相に様々な違いがあるが(鈴木 2013)、大局的な政治・経済発展のスケジュールはよく似ている。このように日本よりほぼ40年遅れて民主化した韓国・台湾に対し、いまだに中国は共産党、シンガポールは人民行動党の実質的な一党独裁下にある。

図1. 東アジアの合計出生率

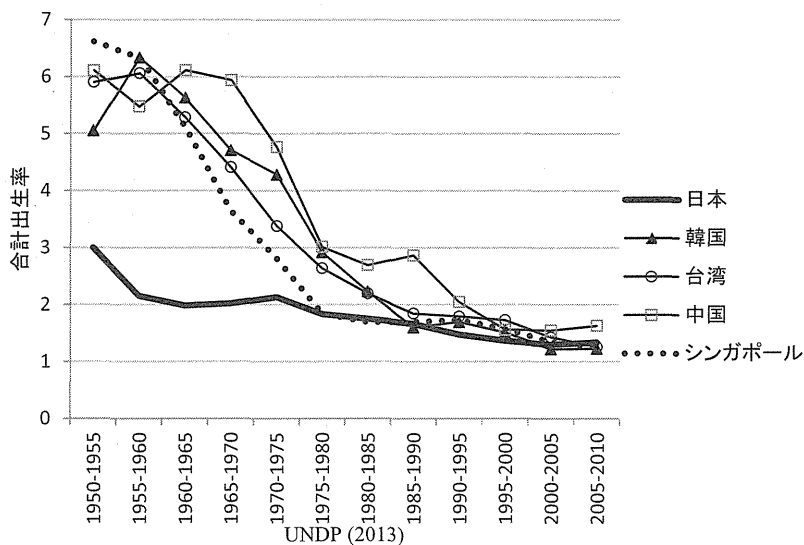


図1はUNPD(2013)による1950～2010年の合計出生率の推移を示した者である。これによると東アジアの出生力低下は、政治的民主化よりは経済発展のスケジュールによく対応しており、高度経済成長の初期かその直前に低下を開始している。日本では戦後ベビーブーム期（1947～49年）に4.5前後の合計出生率を記録したが、1950年代には急激な出生力低下が生じた。1950年代後半には早くも

置換水準に達し、1956～64年には置換水準をわずかに下回る出生率が続いた。

東アジア四龍の中では、シンガポールの出生力低下が韓国・台湾に先行した。シンガポールは1965年にマラヤ連邦から分離独立した当初から、人口増加が限られた資源を圧迫し経済発展を阻害することを恐れ、強力な出生抑制策が進められた(Leong and Sriramesh 2006, p. 246)。韓国でも第1次経済開発5ヶ年計画（1962～66年）において、高い人口増加率が経済発展を阻害するとの認識が確立し、家族計画事業の推進が決議された(최은영, 외 2005, p. 67)。台湾でも民国53年（1964年）から、政府の家族計画プログラムが全面的に推進されるようになった(内政部 2011, p. 39)。このように三国ともほぼ同時期に出生抑制策を導入したが、農村部に家族計画を普及させる必要がないシンガポールの出生力低下が最も急速に進んだ。

中国では文化革命中のイデオロギー闘争を経て1970年代には出生抑制策の必要性が認識され、1979年には厳格な一人っ子政策が始まった。UNPD(2013)によると1970年代前半から急激な出生力低下が始まっており、四龍より10年程度の遅れにとどまっている。2005～10年の合計出生率の推定値は1.63で、1.2～1.4の値を示す他の4ヶ国よりは高い。

図には示さなかったが UNPD(2013)が仮定する将来の合計出生率は、シンガポールが 1.47 程度までの回復にとどまるのに対し、日韓台中は 1.8 以上まで回復するというシナリオになっている。

図 2 は 65 歳以上割合の変化を、将来推計値を含めて比較したものである。韓国・台湾はほぼ同じ軌跡をたどり、2060 年頃に日本を追い越すというシナリオになっている。シンガポールは合計出生率の低さにもかかわらず韓国・台湾を下回る高齢者割合を示すが、おそらく国際人口移動の影響だろう。しかし 2080 年以後は合計出生率の効果が現れ、韓国・台湾をも上回る高齢者割合を示すようになる。中国は合計出生率が他より高めに推移することもあり、65 歳以上割合も低い水準に収束する。副次的ではあるがこれには死亡率水準も影響しており、UNPD(2013)が想定する 2095～2100 年の平均寿命（男女込み）は他の 4 カ国が 90 歳を上回るのに対し、中国は 85.35 歳とされる。

図 3 は中位数年齢を比較したものである。65 歳以上割合の上昇が初期に必ず加速するのに対し、中位数年齢は直線的に上昇している。韓国・台湾の中位数年齢は最初から日本より急な傾きを持って上昇し、65 歳以上割合より早い 2050 年頃には日本を追い越すという予測になっている。シンガポールの中位数年齢は、最初は韓国・台湾より急な傾きを持って上昇するが、次第に減速する。しかし 2050 年を過ぎても上昇が止まらないため、2080 年には 5 カ国中で最も高い値を示すようになる。1970～2030 年における中国の中位数年齢の傾きは、日本とほぼ同程度である。また 65 歳以上割合と同じく、他の 4 カ国より低い値に収束する。

図 4 は従属人口指数 = (15 歳未満人口 + 65 歳以上人口) / 15～64 歳人口の推移を比較

図2. 東アジアの65歳以上割合

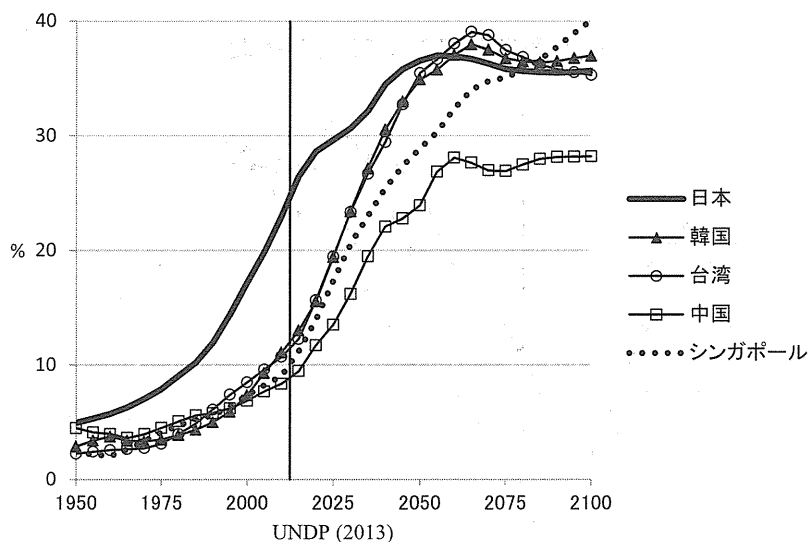
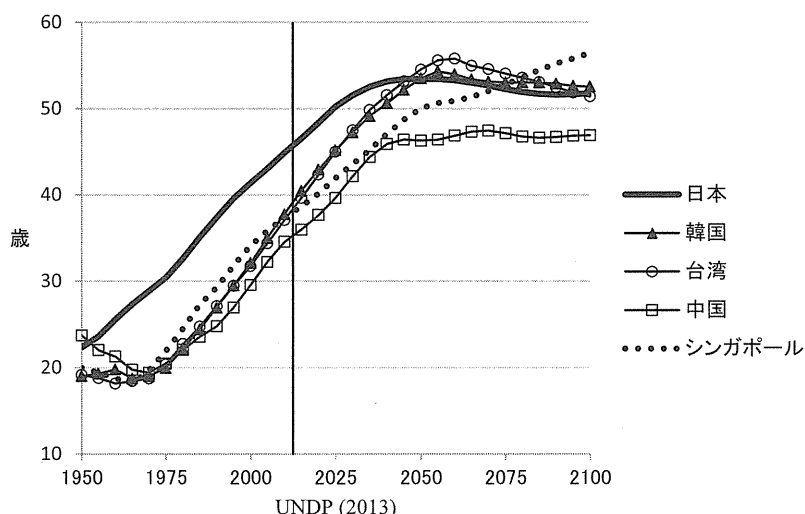


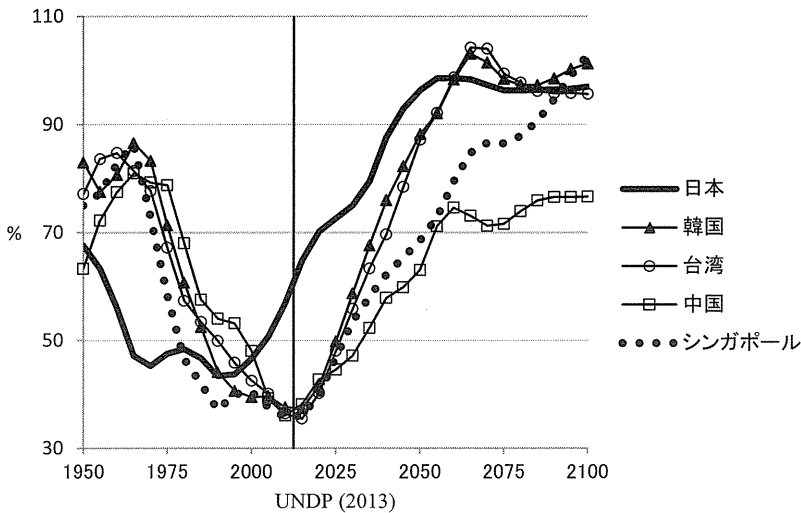
図3. 東アジアの中位数年齢





したものである。日本は 1990 年の 43.4%を底に上昇に転じており、この時点で人口学的ボーナスが終了し、人口学的オーナスに転じたと考えられる。UNPD(2013)には 1950 以前の資料がないが、国勢調査による従属人口指数は 1930 年が 70.5%、1940 年が 70.9%、1947 年が 66.9%、1950 年が 67.5%となっている(国立社会保障・人口問題研究所 2013, p. 30)。人口ボーナスの開始時期を 1950 年とすると、40 年間続いたことになる。

図4. 東アジアの従属人口指数



日本以外の 4 カ国はちょうど人口学的ボーナスの終了時期にさしかかっており、2010～15 年を底に上昇に転じると予測されている。開始時期は 1960～65 年であり、日本より長い 50 年程度続いたことになる。また従属人口指数の極小値は、日本より低い 35%程度まで低下する。また韓国・台湾は上昇の速度が日本よりはるかに速く、2060 年頃には日本を追い越すと予測されている。中国とシンガポールの上昇速度は、日本と

あまり変わらない。

表1. 東アジアにおける人口の転換点

転換点	日本	韓国	台湾	中国	シンガポール
時期					
置換水準到達	1955～60年	1985～90年	1985～90年	1990～95年	1975～80年
自然減少開始	2005～10年	2035～40年	2025～30年	2030～35年	2035～40年
人口減少開始	2010～15年	2035～40年	2025～30年	2030～35年	2055～60年
0～14歳人口減少開始	1955～60年	1975～80年	1970～75年	1975～80年	1965～70年
15～64歳人口減少開始	1995～00年	2015～20年	2015～20年	2015～20年	2020～25年
65歳以上人口減少開始	2045～50年	2060～65年	2050～55年	2060～65年	2070～75年
人口学的ボーナス					
従属人口指数低下開始	1950～55年	1965～70年	1960～65年	1965～70年	1965～70年
従属人口指数上昇開始	1990～95年	2015～20年	2015～20年	2010～15年	2010～15年
持続期間	40	50	55	45	45
置換水準到達からの年数					
自然減少開始	50	50	40	40	60
人口減少開始	55	50	40	40	80
0～14歳人口減少開始	0	-10	-15	-15	-10
15～64歳人口減少開始	40	30	30	25	45
従属人口指数上昇開始	35	30	30	20	35
65歳以上人口減少開始	90	75	65	70	95

UNPD(2013)による

表 1 に東アジア 5 カ国の人口変動の転換点をまとめた。日本の合計出生率は 1956 年に 2.22 で、この年の純再生産率は 0.99 と計算されたので、置換水準を下回ったことがわかる。各国の統計局によると、韓国の合計出生率は 1983 年に 2.08、台湾の合計出生率は 1984

年に 2.06 を記録しているが、5 年期間の合計出生率では 1985～90 年に置換水準に到達したことになる。シンガポールの合計出生率は 1970 年に 2.07 を記録しており、やはり 1970 年代前半に置換水準に達していたかもしれない。

国際人口移動の影響が小さい場合、自然減少の開始時期と総人口の減少開始時期はほぼ一致するはずである。しかし日本では 2007 年から自然減少に転じたのに対し、2010 年国勢調査人口は 2005 年をわずかに上回ったため、5 年期間では 2010～15 年を人口減少開始の時期と考えざるを得ない。韓国・台湾・中国では時期が一致しているが、シンガポールは自然減少に転じた後も人口増加が続くと予想されており、国際人口移動の影響が大きいことがわかる。

日本の場合、置換水準到達（1956 年）から自然減少開始（2007 年）まで、正確には 51 年かかっている。韓国は日本と同程度だが、台湾・中国は 40 年と短い。一方でシンガポールは、自然減少まで 60 年、人口減少まで 80 年あり、非常に長い期間にわたって人口増加を維持するという予測である。

0～14 歳人口は、出生率が近い水準に至っていなくても、出生率が一定期間低下すれば減少し得る。しかしデータの制約から、出生率の低下開始時期を特定するのは難しい。置換水準到達を基準にすると、その 0～15 年前には減少が始まっている。

15～64 歳人口が既に減少しているのは日本だけで、他の 4 カ国は将来推計値である。これによると韓国・台湾は置換水準到達から 30 年、中国は 25 年と日本より短く、シンガポールは 45 年と日本より長い。置換水準から人口学的ボーナス終了までの期間は、15～64 歳人口の減少開始までと同じか、やや短い。これは 15～64 歳人口の増加率が負になる以前に、65 歳以上人口の増加によって従属人口指数が上昇に転じ得ることを示唆している。65 歳以上人口の減少開始は、最も早い日本でも 2045～50 年と、遠い将来のことである。

以上、東アジア 5 カ国を比較したが、65 歳以上割合と中位数年齢の上昇の形状はなぜ違うのか、それらの上昇速度はどのように決まるのか、従属人口指数の極小値や各種転換点までの期間にはどのような要因が作用しているのか、疑問が多い。そこで極度に単純化した形式人口学的モデルを用い、出生力低下が各種指標や期間に及ぼす影響を数学的に特定してみたい。

### Ⅲ. 人口高齢化の線型モデル

#### 1. 線型モデル

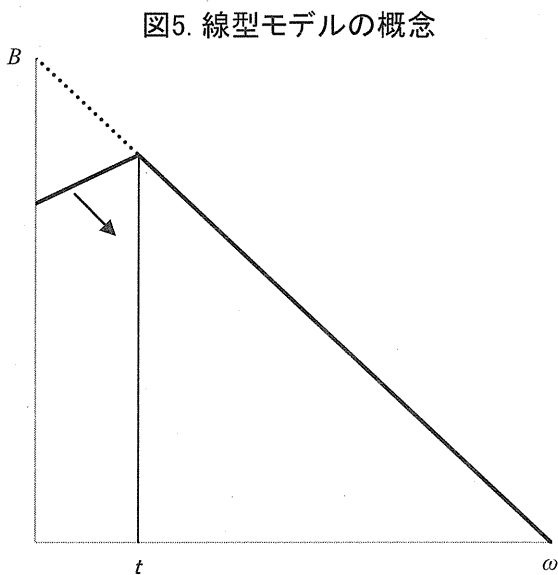
初期状態( $t=0$ )では年齢別人口は年齢に対し直線的に減少し、最大年齢  $\omega$  を底辺、0 歳人口  $B$  を高さとする直角三角形で表されるとする。具体的な数値例としては、 $\omega=B=100$  とする。総人口は  $\omega B/2=5,000$  で、 $\omega$  が千人単位なら 500 万人、万人単位なら 5,000 万人の初期人口を想定していることになる。高齢人口の下限を  $\beta$  とする。 $\beta=65$  の場合、高齢人口は底辺と高さが 35 の直角三角形の面積より  $35^2/2 = 612.5$  で、初期の 65 歳以上割合は 12.25%とやや高め の値に固定されることになる。

$t$  年には  $t$  歳以上人口はそのまま、切片が  $B$ 、傾きが  $-B/\omega$  の直線で表される。一方、 $t$  歳未満人口は初期人口の直線と  $t$  歳で交わり、傾きが  $c$  の直線で表されると仮定する<sup>i</sup>。出生力低下によって年齢構造がピラミッド型から釣鐘型や壺型に変化するためには、

$-B/\omega < c$  でなければならない。 $t$  年の切片すなわち 0 歳人口または出生数は  $B - (B/\omega + c)t$  となる。これは出生数が毎年  $B/\omega + c$  人ずつ減少することを意味する。 $t$  年の  $t$  歳未満人口と  $t$  歳以上人口を表す直線は、

$$P(x, t) = B - \left(\frac{B}{\omega} + c\right)t + cx, \quad 0 \leq x < t, \quad (1-1)$$

$$P(x, t) = B - \frac{B}{\omega}x, \quad t \leq x \leq \omega. \quad (1-2)$$



$\omega$  年以降は負の人口を生じるので、モデルの有効期間は  $\omega$  年以下である。また  $0 < c$  だと  $B\omega/(B + \omega c)$  年以降は 0 歳人口が負になるので、モデルの有効期間は  $\omega$  年より短い。たとえば  $\omega = B = 100$  で  $c = 1$  なら、モデルの有効期間は 50 年となる

$t$  年の  $t$  歳以上人口は、底辺と高さが  $P(t, t)$  と  $\omega - t$  の直角三角形の面積である。また  $t$  歳未満人口は、上底と下底が  $P(0, t)$  と  $P(t, t)$  で高さが  $t$  の台形の面積になる。したがって  $t$  年の総人口は、

$$TP(t) = \frac{B\omega^2 - (B + \omega c)t^2}{2\omega}. \quad (1-3)$$

$\omega = B = 100$  なら  $TP(t) = 5000 - 0.5(1 + c)t^2$  となる。

## 2. 老年人口割合

老年人口の下限を  $\beta$  歳とする。 $t < \beta$  では、 $\beta$  歳以上人口は底辺と高さが  $P(\beta, 0)$  と  $\omega - \beta$  の直角三角形のまま変化しない。 $\beta \leq t$  では、 $\beta$  歳以上人口は底辺と高さが  $P(t, 0)$  と  $\omega - t$  の直角三角形と、上底・下底が  $P(t, 0)$  と  $P(\beta, t)$  で高さが  $t - \beta$  の台形の和になる。これらを総人口で割って、 $t$  年の老年人口割合は、

$$f_{\beta}(t) = \frac{(\omega - \beta)^2}{\omega^2 - (1 + \omega c/B)t^2}, \quad t < \beta, \quad (2-1)$$

$$f_{\beta}(t) = \frac{B(\omega - t)(t - 2\beta + \omega) - \omega c(t - \beta)^2}{B\omega^2 - (B + \omega c)t^2}, \quad \beta \leq t. \quad (2-2)$$

$\omega = B = 100$ ,  $\beta = 65$  なら (2-1) は  $f_{65}(t) = 1225 / \{10000 - (1 + c)t^2\}$  だが、分母の  $10000 - (1 + c)$

$t^2$ はモデルの有効期間内では常に正である。このとき  $f_{65}(t)$ の  $t$  に関する一次微分の分子は  $2450(1+c)t$  で、 $0 < c$  であれば65歳以上割合は増加することがわかる。二次微分の分子は  $2450(1+c)\{10000 - (1+c)t^2\}\{10000 + 3(1+c)t^2\} > 0$  で65歳以上割合の増加は加速することがわかる。図6に見るように、出生力低下のパラメタである  $c$  が大きいほど、65歳以上割合は高くなり、しかも急速に加速する。前述のように、このモデルでは65歳以上割合の初期値は12.25%に固定されており、観測値への当てはめはできない。

図6. 65歳以上割合

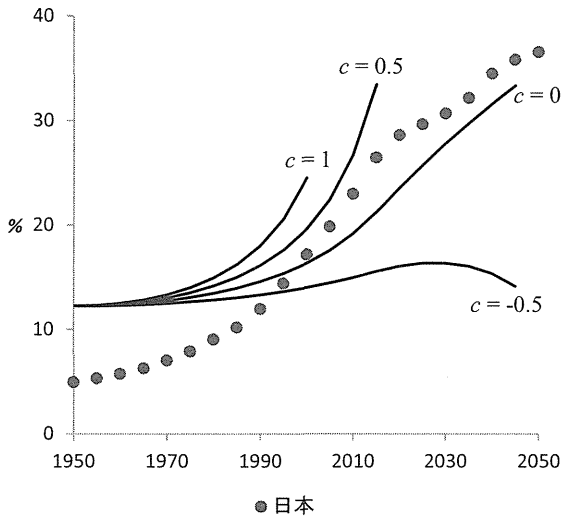
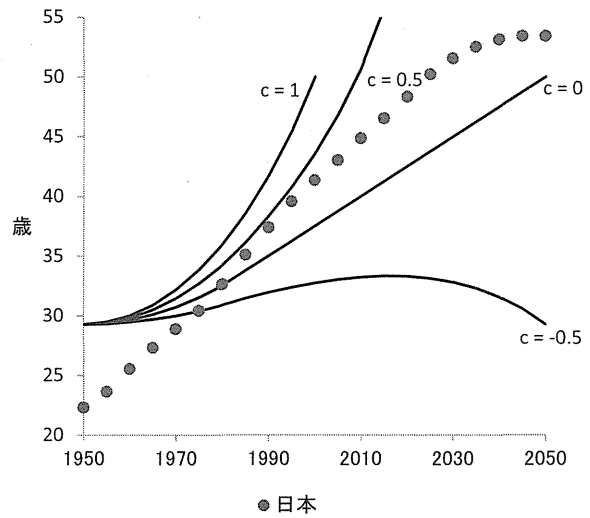


図7. 中位数年齢



### 3. 中位数年齢

中位数年齢  $x_M(t)$ の初期値も固定されており、 $x_M(0) = \omega - \omega/\sqrt{2}$ 、 $\omega=100$  なら 29.29 歳である。 $0 < t$  について中位数年齢を求めるには、まず  $t$  歳未満人口が総人口の半数になる時点  $\tau_M$  を求める必要がある。

$$\tau_M = \frac{2 - \sqrt{1 - \omega c / B}}{3 + \omega c / B} \omega. \quad (3-1)$$

$\omega=B$  なら  $\tau_M$  は、 $c=-0.5$  のとき 31.0 年、 $c=0$  のとき 33.3 年、 $c=0.5$  のとき 36.9 年、 $c=1$  のとき 50 年などとなり、 $c$  に対し増加関数であることがわかる。中位数年齢は、

$$x_M(t) = \omega - \sqrt{\frac{\omega}{B} TP(t)} = \omega - \sqrt{\frac{\omega^2 - (1 + \omega c / B)t^2}{2}}, \quad t < \tau_M, \quad (3-2)$$

$$x_M(t) = \frac{-P(0,t) + \sqrt{P(0,t)^2 + c TP(t)}}{c}, \quad \tau_M \leq t, c \neq 0, \quad (3-3)$$

$$x_M(t) = \frac{\omega + t}{4}, \quad \tau_M \leq t, c = 0. \quad (3-4)$$

老年人口割合が  $t$  に関する二次関数のままであるのに対し、中位数年齢は  $t$  の二次関数

の平方根になっているため、老年人口割合に比べて直線的な変化を示す。特に  $c=0$  の場合、33.3 年以降は(3-4)に示された直線になる。ただし  $c$  が負であれば、中位数年齢は単調増加関数ではなく、モデルの有効期間内に減少に転じる。 $\omega=B=100$  なら減少開始年は  $200/(1+c) + (-20000 c^3)^{0.5} / (c^2+2c)$  で与えられ、図の  $c=-0.5$  の場合は 66.7 年後である。

#### 4. 従属人口指数

年少人口と生産年齢の境界を  $\alpha$  歳とする。 $t$  年の年少人口 ( $\alpha$  歳未満) を  $C(t)$ 、生産年齢人口 ( $\alpha$  歳以上  $\beta$  歳未満) を  $W(t)$ 、老年人口 ( $\beta$  歳以上) を  $E(t)$  とすると、

$$C(t) = \frac{B\alpha(2\omega - \alpha)}{2\omega} - \left(\frac{B}{2\omega} + \frac{c}{2}\right)t^2, \quad 0 \leq t < \alpha, \quad (4-1)$$

$$C(t) = B\alpha + \frac{c\alpha^2}{2} - \alpha \frac{B + \omega c}{\omega} t, \quad \alpha \leq t, \quad (4-2)$$

$$W(t) = W(0) = \frac{B(\beta - \alpha)(2\omega - \alpha - \beta)}{2\omega}, \quad 0 \leq t < \alpha, \quad (4-3)$$

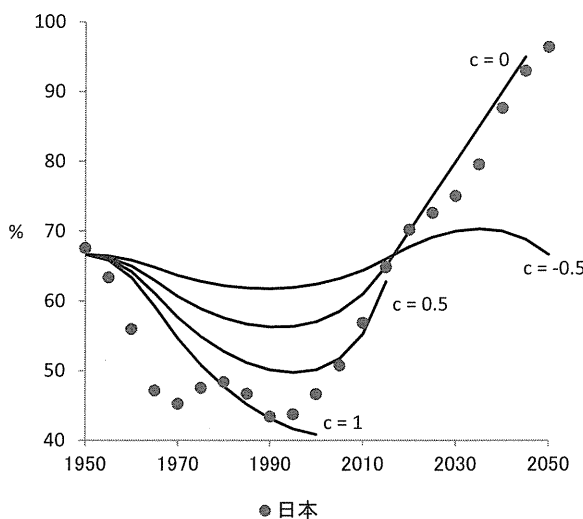
$$W(t) = B(\beta - \alpha) - \frac{B\beta^2}{2\omega} - \frac{\alpha^2 c}{2} + \frac{\alpha(B + \omega c)}{\omega} t - \frac{B + \omega c}{2\omega} t^2, \quad \alpha \leq t < \beta, \quad (4-4)$$

$$W(t) = B(\beta - \alpha) - \frac{(\beta^2 - \alpha^2)c}{2} - \frac{(\beta - \alpha)(B + \omega c)}{\omega} t, \quad \beta \leq t, \quad (4-5)$$

$$E(t) = E(0) = \frac{B(\omega - \beta)^2}{2\omega}, \quad 0 \leq t < \beta, \quad (4-6)$$

$$E(t) = \frac{B(\omega - t)(t - 2\beta + \omega) - \beta c(t - \beta)^2}{2\omega}, \quad \beta \leq t. \quad (4-7)$$

図8. 従属人口指数



$\omega=B=100, \alpha=15, \beta=65$  の場合の初期値は、 $C(0)=1387.5, W(0)=3000, E(0)=612.5$  で、従属人口指数の初期値は 66.7%となる。これはたまたま 1950 年の日本の従属人口指数(67.6%)に近いが、モデルの従属人口指数は実績値ほど急激には低下しない。 $c$  が大きいほど従属人口指数は急激に、低い値まで低下するが、 $c$  が 1 に近い値だと従属人口指数が再上昇し始める前にモデルの有効期間が尽きてしまう。人口学的ボーナスからオーナスへの転換点が有効期間内に来



るためには、 $c < 11760/12240=0.96$  でなければならない。

$c$  が-1に近い値でない限り、転換点は15~65年の期間に含まれると考えられる。この場合、老年人口は初期値のままであり、従属人口指数は  $DR(t)=\{C(t)+E(0)\}/W(t)$  で得られる。 $DR(t)$ が減少から増加に転じる時点  $\tau_D$  を求めるには、 $DR(t)$ を  $t$  で微分して0とおけばよい。 $\omega=B=100, \alpha=15, \beta=65$  の場合、 $\tau_D$ は二次方程式  $3(1+c)t^2 - 5(169+9c)t + 3000=0$  の小さい方の根で、

$$\tau_D = \frac{5(169+9c - \sqrt{81c^2 - 11358c + 14161})}{6(1+c)} \tag{4-8}$$

図9は出生力低下のパラメタ  $c$  と従属人口指数が増加に転じる時点  $\tau_D$  の関係、図10はと従属人口の極小値  $DR(\tau_D)$  の関係を示したものである。出生力低下が急激だと、人口学的ボーナスは長く続き、従属人口指数はより低い値まで下がることがわかる。もちろん急激な出生力低下は、 $\tau_D$ 以後の従属人口指数を急激に上昇させるだろうが、 $\tau_D$ 時点までの人口学的ボーナスに対しては肯定的な影響を与える。

図9. 出生力低下と従属人口指数の転換点の関係

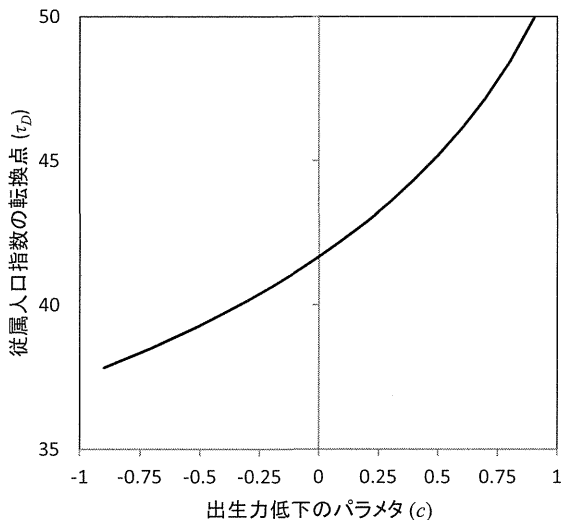
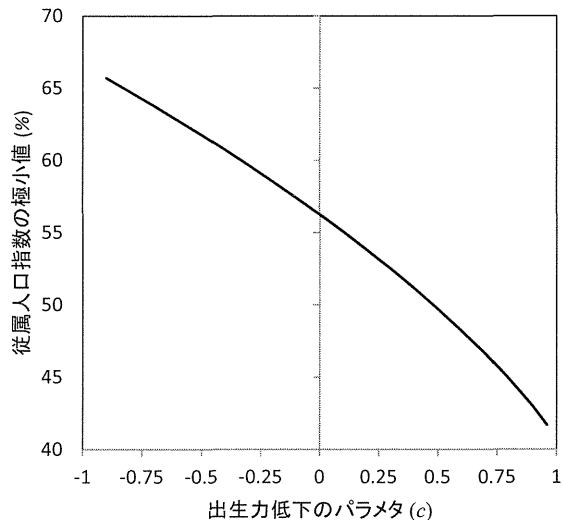


図10. 出生力低下と従属人口指数の極小値の関係



### 5. 人口増加の慣性

ここまでは出生力低下開始以前の人口が静止人口だったことを暗黙裡に仮定しており、したがって出生力低下と同時に総人口が減少を開始することになっていた。そこで出生力低下が過去の増加慣性を打ち消して人口を減少させるまでの時間を扱えるようにするため、初期人口は全年齢が等しい増加率を持つ安定人口だったと仮定する。これまでの結果を有効にするため、出生力低下後も全年齢が等しい増加率を持ち、 $t$ 年の年齢別人口に一樣に同じ乗数をかけることにする。出生力低下以前の増加率を  $r_0 > 0$  として、本来は  $(1+r_0)^t$  が  $\exp(r_0 t)$  を乗数にすべきだが、ここでは解析的に扱いやすくするため直線的増加を仮定

する。増加率を考慮した場合の  $t$  年  $x$  歳人口を  $P_g(x, t)$  として、

$$P_g(x, t) = (1 + r_0 t) P(x, t). \quad (5-1)$$

この場合、 $t$  年の総人口は、

$$TP_g(t) = (1 + r_0 t) TP(t) = \frac{B\omega^2 + r_0 B\omega^2 t - (B + \omega c)t^2 - r_0(B + \omega c)t^3}{2\omega}. \quad (5-2)$$

このモデルでは人口移動を考慮しないので、人口増加率はすなわち自然増加率である。

$$NGR(t) = \frac{TP_g'(t)}{TP_g(t)} = \frac{r_0 B\omega^2 - 2(B + \omega c)t - 3r_0(B + \omega c)t^2}{(1 + r_0 t)\{B\omega^2 - (B + \omega c)t^2\}}. \quad (5-3)$$

粗出生率は  $r_0$  に依存しない。

$$CBR(t) = \frac{2\omega(B - \frac{B}{\omega}t - ct)}{B\omega^2 - (B + \omega c)t^2}. \quad (5-4)$$

粗死亡率は、

$$CDR(t) = \frac{2B\omega - r_0\{B\omega^2 - 2B\omega t - (B + \omega c)t^2\}}{(1 + r_0 t)\{B\omega^2 - (B + \omega c)t^2\}}. \quad (5-5)$$

## 6. 人口減少の開始時点

$\omega = B = 100$  の場合、総人口が減少に転じる時点  $\tau_T$  は二次方程式  $3r_0(1+c)t^2 + 2(1+c)t - 1000r_0 = 0$  の大きい方の根である。

$$\tau_T = -\frac{1}{3r_0} + \frac{\sqrt{(1+c)^2 + 30000r_0^2(1+c)}}{3r_0(1+c)}. \quad (5-6)$$

図 11 は  $r_0$  が 1%, 2%, 3% だった場合の  $c$  と  $\tau_T$  の関係を示したものである。予想通り出生力低下が急激だと人口減少開始までの時間が短い。 $r_0$

図 11. 出生力低下と人口減少開始年の関係

