

心理空間の構造で表現する心理の多様性： 男女関係の展開を追跡するシミュレーションへの応用

井田 喜明^{*, **, ***}

Variable Mind Conditions Represented by the Structures of Mind Space: Its Application to the Simulation of Love Developing Between Men and Women

Yoshiaki Ida ^{*, **, ***}

人々の心理の相互作用で生ずる社会現象を数値シミュレーションで解明するために、著者は心理空間の概念を導入して計算手法の開発を進めてきた。本稿は心理空間に内部構造をもたせて心理の変化をきめ細かく表現する方法を提案し、応用として男女関係の推移を計算する。心理空間は男女が接近して結合する場として導入し、その中に男女が結婚を望む領域と浮気を許容する領域を含ませる。心理空間に設けた領域の大きさは男女のおかれた社会的経済的な条件に依存する。男女は相互作用を記述する運動方程式に従って心理空間を移動しながら恋愛、結婚、離婚などを経験し、その推移が数値シミュレーションによって追跡される。

<https://doi.org/10.69290/j.001181-vol32>

Keywords: 心理空間、運動方程式、シミュレーション、恋愛、結婚、離婚

1. はじめに

シミュレーションの対象は自然現象ばかりでなく社会現象にも広がっている。社会現象は多数の人間が意思を作用し合うことで生み出される。人間の意思が複雑で多様なことはいままでの間、同じ目的地に向かう歩行者の集団のように人々の間に共通の意思がはたらく場合には、心理的な相互作用が合理的に定式化できて定量的なシミュレーションが可能になる[1]。

心理的な相互作用を定式化する方法にはセルオートマトンやネットワークを用いる方法、相互作用の強さを心理的な距離で表現する方法などが提案されている[2]。親密さなどの感情は物理的

な距離とは異なる心理的な距離で表現できそうなので、著者は心理的な距離を定量的に測る場として心理空間 (mind space) の概念を導入した[3].[4]。

人間の心理には人とのつながりを求めたり、逆につながりを煩わしく感じたりするなど様々な状態がある。このような心理の違いを表現するために、本論文では多様な心理を心理空間の各部分にあてはめる。

その応用として男女関係の推移を取り上げる。男女関係は科学の対象としては脳の働きなどの生理的側面と人間関係の一環としての社会的側面から研究されている[5]。ここでは社会的側面の一部として男女の結びつきがもたらす恋愛、結婚、離婚などの推移をシミュレーションで追跡する。

2. 心理空間で表現する男女の相互作用

多数の男女が交流する環境で、男女の心理が心理空間を移動しながら影響し合って恋愛や結婚に至る過程を解析する。ふたりの関係がこわれる過程も考慮する。ただし、同性同士の恋愛や結婚

* アドバンスソフト株式会社 研究開発センター
Research and Development Center, AdvanceSoft
Corporation

** 東京大学 名誉教授

Professor Emeritus, The University of Tokyo

*** 兵庫県立大学 名誉教授

Professor Emeritus, University of Hyogo

は解析の対象外とし、出産などの影響も無視する。

心理空間は一辺の長さが s の 2 次元の正方形とし、その中に異なる相互作用をする 3 つの領域 L , M , D を設ける (図 1)。この内で M と D は辺の長さが s_m と s_d の正方形とし、 L は M と D に含まれない残りの部分とする。

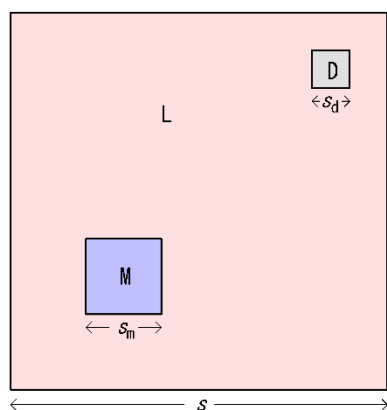


図1 男女関係の心理の変化を表現する心理空間の構造。心理空間は2次元の正方形とし、 L , M , D の3つの領域をもつ。 L も含めた全領域で相手をもたない男女は接触して恋人になる。恋人関係にある男女が区画 M を同時に通過すると結婚して夫婦になる。男女が区画 D で相手以外の異性と接触すると元の関係が壊れる。

男女の関係には恋人関係にある 1 、結婚して家族をつくる f 、相手のいない o の 3 通りを考える。すべての男女はそのいずれかの状態にあるが、その状態は男女間の相互作用によって変化する。男女が存在する領域に依存して相互作用は次のように定める。

- (1) 男女は L , M , D のいずれにあっても、ともに o の状態で接触すると 1 になる。
- (2) 1 の状態にある 2 人の男女は区画 M を同時に通過すると f になる。
- (3) 1 か f の状態にある男女が区画 D で相手以外の異性と接触すると、元の関係が解消されて o に戻る。

ここで接触とは心理空間で男女の距離が一定値 r_c 以内に近づくことを意味する。ふたりが接触するとその関係に上記のような変化が生ずるが、変化を複雑にしないために、ふたりの距離が再び

r_c より離れるまでは他の接触を受けつけないことにする。

上記のように定めた相互作用から領域の性質が次のようにまとめられる。男女はどの領域にあっても互いにつながりを求めている。領域 L は純粋な心理を表し、恋愛や結婚の対象がいない人は相手を求め、すでにいる人はそれ以上の変化を求めない。区画 M は恋人同士がさらに親密さを増して結婚を願う状態である。区画 D は相手との関係が弱まっている状態で、他の異性との接触で元の関係が解消される。

このように男女の心理は心理空間の位置で違いが表現される。男女が経験する様々な心理は心理空間を運動して通る様々な領域に対応する。運動の過程で男女は求め合って結合しようとするが、男女の結合は第3の異性との接触でこわれることもある。シミュレーションは心理空間で運動を計算して男女関係の展開を追跡する。

3. 心理の変遷を記述する運動方程式

男女は心理空間を移動しながら相互作用をするが、その移動は運動方程式に従うものとする。運動方程式は力にあたる作用が変化の速度や方向を決めるという法則であるが、ここで考える力は重力や電磁力などの自然界ではたらく力ではなく、男女の相互作用を表現するために新たに導入する力である。

男女のひとりひとりに番号をつけ、 i 番目の性を g_i 、心理空間における位置をベクトル $\mathbf{x}_i$ で表す。 g_i は男性 m か女性 w のいずれかである。位置 $\mathbf{x}_i$ は時間 t とともに次の運動方程式を満たして変化する。

$$\frac{d^2 \mathbf{x}_i}{dt^2} = \sum_{j \neq i} \mathbf{f}_{ij} \quad (1)$$

ここで、 $\mathbf{f}_{ij}$ は男女のひとり j が i に及ぼす心理的な力で、質量の効果も含める。(1)式はふたりの間にはたらく力の合力で運動が定まることを意味する。

力は i と j の間の心理的な距離 r_{ij} に依存して次のようにはたらくものとする。

$$f_{ij} = F(g_i, g_j) \exp\left(-\frac{r_{ij}}{R}\right) \frac{\mathbf{x}_j - \mathbf{x}_i}{r_{ij}}$$

$$r_{ij} = |\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j| \quad (2)$$

(2)式によれば力は作用する相手の方向にはたらく。力の大きさは2人の距離が近づくほど強く、距離が R より十分に遠くなると無視できるほど小さくなる。

力の係数 F は相手の性だけに依存する。 F が正ならば斥力、負ならば引力となる。力が作用反作用の法則 $\mathbf{f}_{ji} = -\mathbf{f}_{ij}$ を満たすとすれば、係数 F について対称性 $F(g_i, g_j) = F(g_j, g_i)$ が成立するので、力の係数 F は男同士に働く F_{mm} 、女同士に働く F_{ww} 、男女間に働く F_{mw} の3種類になる。

計算には初期条件と境界条件が必要である。初期条件としては、男女の心理が心理空間にランダムに分布し、初期速度はすべて0であるという条件を採用する。実際にはその状態から適当な時間にならって計算して位置も速度もランダムに混じり合った状態を改めて初期状態とし、その時点から男女間の相互作用を考え始める。

心理空間の境界は、男女が意識せずに通過できるように、境界条件として周期境界を仮定する。すなわち、同じ状態の心理空間が上下、左右、斜めに存在すると想定して、たとえば心理空間の上から抜けた人は下から入り、右から抜けた人は左から入るようにする。この条件を課すと、同一の人間が隣接する複数の空間に存在するので、(2)式の計算には位置の組み合わせの中で距離が最小となるものを選ぶことにする。

4. シミュレーションでみる男女関係の推移

4.1. 変数や定数の単位

シミュレーションの実行には空間や時間のスケールを決める必要があるが、心理空間についてメートル (m) や秒 (s) などの単位との関係を含めて大きさの基準は決まっていない。そこで、心理空間の大きさを $s = 1$ の正方形として、それを空間のスケールの基準にする。同じ次元をもつ(2)式の定数 R は0.5、接触の臨界値は $r_c = 0.02$ とする。

力は加速度の次元をもつので、力の係数 F の大きさを1の程度に設定すれば、時間のスケールは自然に定まるはずである。このスケールは、以下に取り上げる計算結果からみると、その1~3倍が人生の年数に対応づけられそうである。

4.2. 基準とする計算例

まず簡単な計算例を取り上げよう。男女の人数は各々が100人とする。結婚を成立させる区画 M の大きさは $s_m = 0.2$ 、離別を起こす区画 D の大きさは $s_d = 0.1$ とする。 M と D は心理空間に図1のように配置する。

力については男同士や女同士には同じ大きさの斥力が、男女の間にはそれと同じ大きさの引力がはたらくものとして、次の仮定をおく。

$$F_{mm} = F_{ww} = 1$$

$$F_{mw} = -1 \quad (3)$$

計算の時刻みは計算結果にほとんど影響がでない範囲を試行錯誤で探して 10^4 にする。

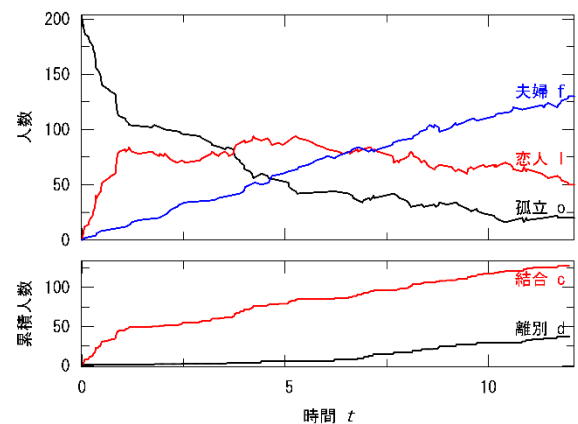


図2 男女関係の推移の計算例。区画 M の大きさは $s_m = 0.2$ 、 D の大きさは $s_d = 0.1$ とし、力の定数は(3)式で設定する。上段は恋人関係 l 、夫婦 f 、特定の結びつきをもたない o の状態にある人数の時間的な推移を描く。下段の c は結合して o から l に変わる男女の累積数、 d は離別して l や f から o に戻る男女の累積数である。

図2は計算で得られた人数の推移である。上段は恋人関係にある l 、夫婦となっている f 、特定の結びつきをもたない o の人数である。全員が o で

ある状態から計算を始め、男女が接触して l になり、心理空間の区画 M を通って f となっていく過程を追跡する。区画 D で相手以外の異性と接触して o に戻る男女もある。

下段は初期状態からの人数の累積数で、 c は結合して o の状態から l に変わる男女の累積数、 d は離別して l や f から o に戻る男女の累積数である。各時刻で c と d の差が l か f の状態にある男

女の総数になる。

計算結果をみると、初期に男女の接触が頻繁に起きて多数の恋人が生まれ、その後恋人が次第に夫婦になっていく。孤立する男女の数はやがて結合と離別がつり合ってほぼ一定になる。夫婦の数は増え続けるが、やがて恋人の数と釣り合うはずである。しかし、つり合いに達するまでにさらに時間がかかる。

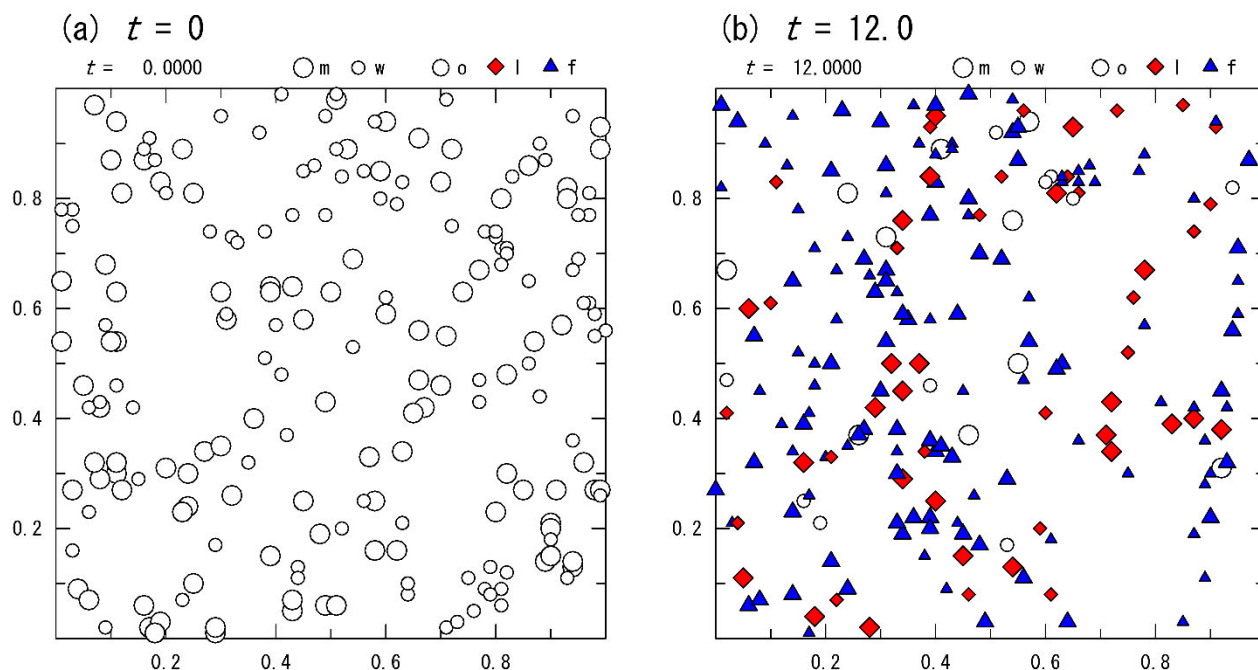


図3 心理空間における男女の分布。図2と同じ計算の初期状態(a)と最終状態(b)である。男女の区別は記号の大きさ(大きい方が男性)で、状態(孤立 o 、恋人 l 、夫婦 f)は記号の形と色(図の上の凡例参照)で区別する。

図3は心理空間における男女の分布である。男女の違いは記号の大きさ(大きい方が男性)で区別し、孤立 o 、恋人 l 、夫婦 f の違いは記号の形と色で区別する(各図の上につけた凡例を参照)。(a)は初期分布で、すべての男女が相手をもたない o の状態でランダムに分布する。(b)は $t=12$ のときの状態(図2の最終状態)で、恋人 l 、夫婦 f が o と混在する。

この計算で個々の男女がどんな遍歴をたどるかをみるために代表的な例を図4に拾い上げる。各図の左に個人につけた番号と性別(m が男性、 w が女性)を示す。図は細い黒線で孤立する o の状態が、中間の太さの赤線で恋人関係にある l の状態が、太い青線で夫婦として家庭をつくる f の

状態が持続する時間の範囲を示す。

男女関係の推移は計算上ではいつまでも続くが、仮に今までの計算で示した $t=12$ までの範囲で実際の遍歴が表現できるとしよう。図4で一番多い遍歴は20番、140番、163番、168番の男女にみるように同じ相手と恋愛して結婚に至る場合である。この計算例では200人中94人(47%)がこの経緯をたどる。

一方で、30番のように恋愛の相手に一度もめぐり会わない人もいる。また、0番、36番のように恋愛相手は見つかっても結婚には至らない場合もある。130番のように離婚を経験してから再度新しい相手を見つけて結婚にこぎつける場合もある。

このシミュレーションは全員が $\circ$ の状態から計算を始めるので、ある世代の若い男女が年齢とともにどう関係を築いていくかを追跡するものと理解できる。成長につれて男女に恋愛が芽生え、その中から結婚にこぎつける夫婦が生まれる。描かれるのは比較的小さな閉ざされた集団の変化だが、現実の世界にみられる男女の多様な関係がある程度再現されているように見える。

4.3. 運動を制御する力の影響

男女関係の展開は心理空間の性質と個々の男女の運動できまる。そのうちで運動は男女間にはたらく力で制御される。前節では力の係数を(3)式のように設定したが、力の影響をみるために同性間には力がはたらかないように変えてみよう。すなわち

$$\begin{aligned} F_{mm} &= F_{ww} = 0 \\ F_{mw} &= -1 \end{aligned} \quad (4)$$

心理空間内の領域の大きさや男女の初期分布は前節と同じにして、(4)式に対応する恋人、夫婦などの人数の変化を図5にみる。これを図2と比べると、全般的に変化が早めに起きているように見える。同性間に斥力がはたらかない分だけ男女の接触が起こりやすくなったためと理解できる。

図6は心理空間における男女の状態の分布を2つの時間でみる。(a)は人数の急な変化が落ち着きをみせる $t=2$ の状態である。同性間に斥力がはたらかなくなったためか、男性同士や女性同士が集まる傾向がみられる。(b)は $t=12$ の状態であるが、関係が素早く進んだために夫婦の数が他を圧倒する。

このように男女間にはたらく力が変わることによって男女関係の推移は様相が変わる。しかし、孤立者が減り、恋人が次第に夫婦になっていく変化には類似の傾向がみられ、推移の基本は変わっていないようである。

4.4. 男女関係の社会的経済的背景

恋人と夫婦の割合は心理空間の区画 M の大きさ s_m で、また相手以外の異性との接触で結合が

こわれる割合は D の大きさ s_d で制御される。これらの大きさは社会的な背景を反映するので、その影響がシミュレーションで抽出できるかもしれない。

恋人や夫婦に破綻をもたらす区画 D の大きさ s_d は、男女関係に対する社会の認識を反映する。たとえば、キリスト教のカトリック信者の間では離婚が禁止されており、男女関係についても厳格な思想に支配される[6]。それに対して現代の先進国では社会は離婚にも男女関係の破綻にも寛容である。

そこで、男女関係に厳格な社会を $s_d = 0$ 、寛容な社会を $s_d = 0.4$ で表して、その差がどういう結果をもたらすかをシミュレーションでみよう。力の定数は(3)式に戻す。

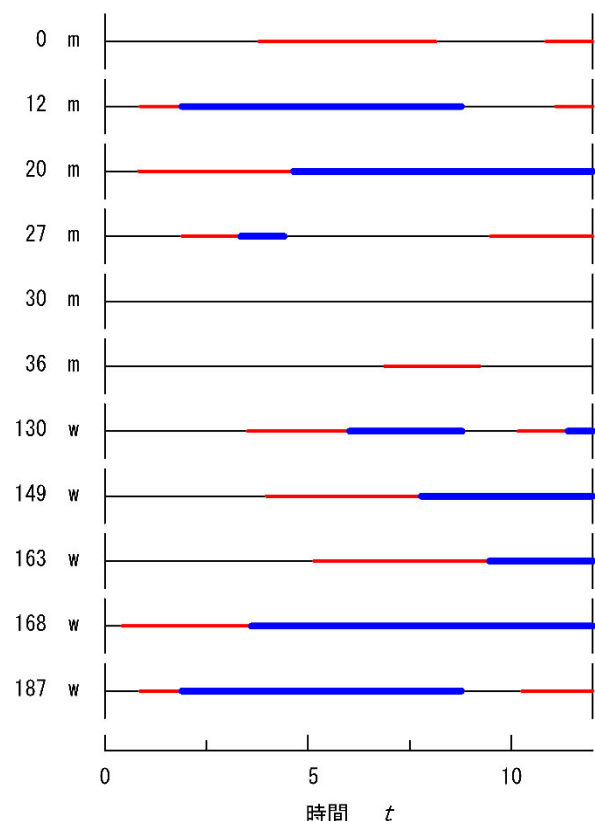


図4 個々の男女が経験する男女関係の遍歴。図2、図3と同じ計算で遍歴の代表的な例をいくつか拾いあげる。各図の左は個人の番号と性別 (m が男性、 w が女性) である。図は細い黒線で孤立する $\circ$ が、中間の太さの赤線で恋人関係にある l が、太い青線で夫婦として家族をつくる f が持続する時間の範囲を示す。

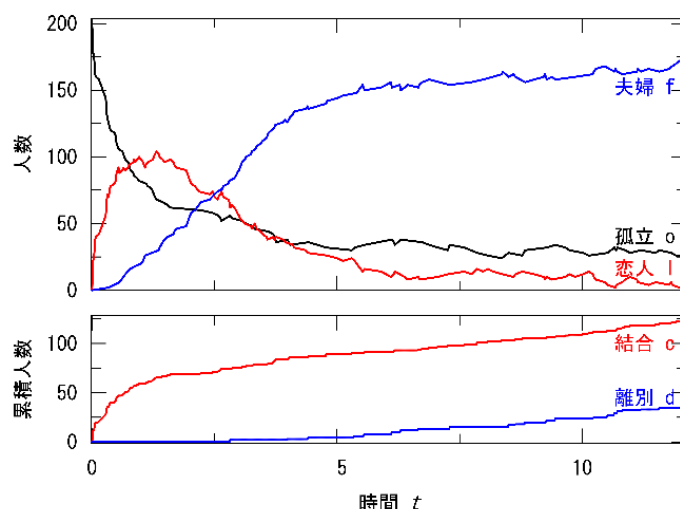


図5 力の定数を(4)式に変えたときの男女関係の推移。それ以外の計算条件は図2と同じである。

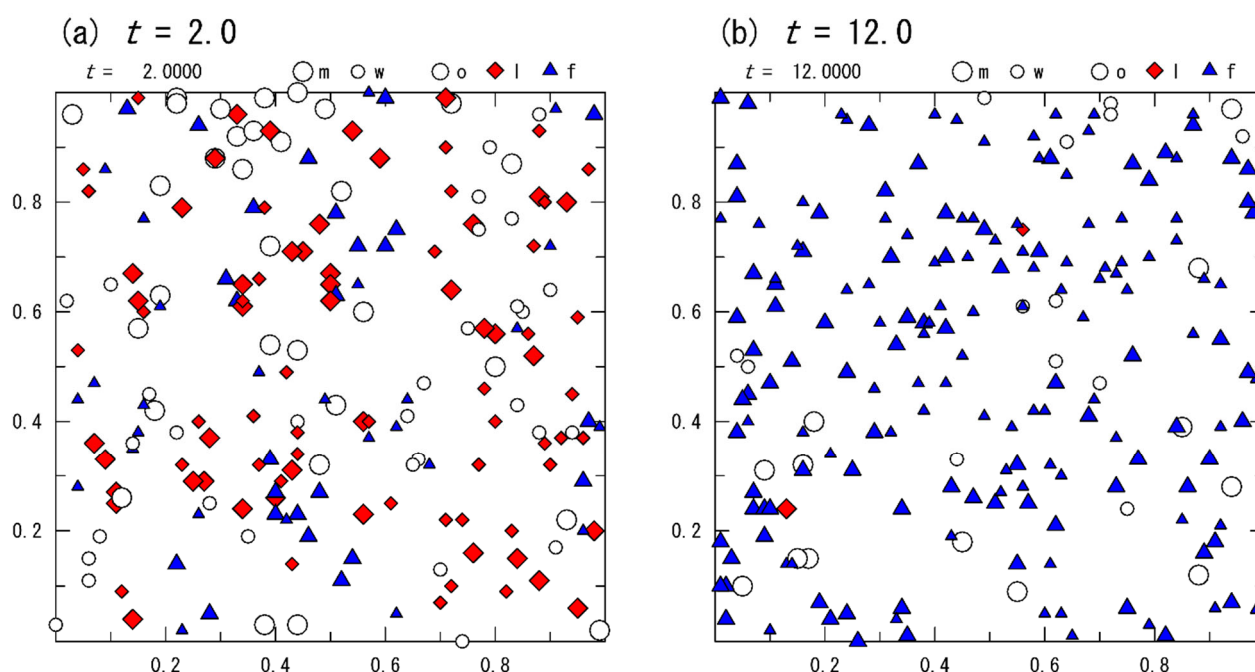


図6 力の定数を(4)式に変えたときの心理空間における男女の分布。図5と同じ計算で、分布を2つの時間(a)、(b)でみる。

図7は厳格な社会 ($s_d=0$) における男女関係の推移である。この場合には一度成立した関係は壊れることがないので、孤立者の数は最終的には0に収束するはずである。図7では孤立者の数が確かに減り続けるが、減り方は緩慢で、孤立者がなくなるまでに長い時間がかかる。孤立者の数が減るにつれて、お互いが知り合って結合する機会も減るためである。そこで、実際の社会で孤立者がなくなる可能性は低そうである。

図8は男女関係の解消に寛大な社会 ($s_d=0.4$) における人数の推移である。この場合にはある程度時間が経過した後は孤立者、恋愛状態にある男女、結婚して家庭をつくる男女がほぼ一定の割合を保って変動する。ただし、個々の関係は安定ではなく、別な相手と結合して状態を変えながら総数を一定に保っている。当然のことながら、厳格な社会(図7)と比べれば夫婦の割合はずっと少ない。

夫婦を生み出す区画 M の大きさ s_m も社会的な背景で変化する。ここでは経済的な事情に着目しよう。最近の日本では、若い世代が十分な収入を得られないことが原因で結婚を控える傾向が強くなり、それが少子化を加速しているといわれる[7]。この状況は s_m を小さくすることで表現できると解釈してシミュレーションをしてみよう。

図9は s_d を0.1に保って s_m を0.1に減らした場合の人数の変化である。この場合には夫婦の割合が抑えられ、早い段階から恋人の割合とほぼ平衡になる。男女は恋人関係にとどまり、家庭をつくる段階にはなかなか進まない。

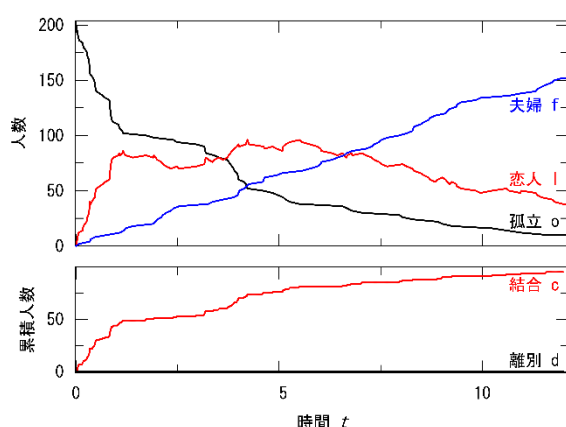


図7 区画 D をなくした場合 ($s_d=0$) の男女関係の推移。区画 M の大きさ $s_m=0.2$ など、それ以外の計算条件は図2と同じである。

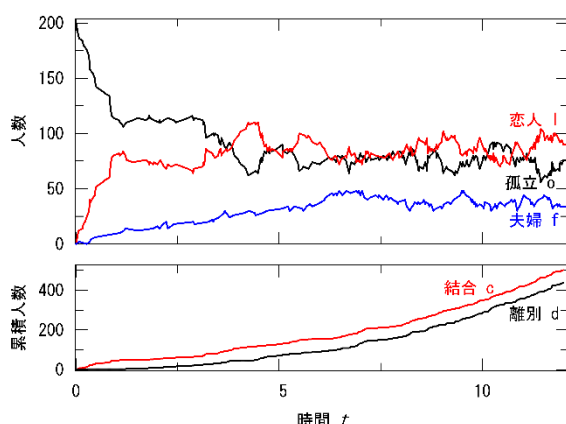


図8 区画 D の大きさを $s_d=0.4$ とした場合の男女関係の推移。区画 M の大きさ $s_m=0.2$ など、それ以外の計算条件は図2と同じである。

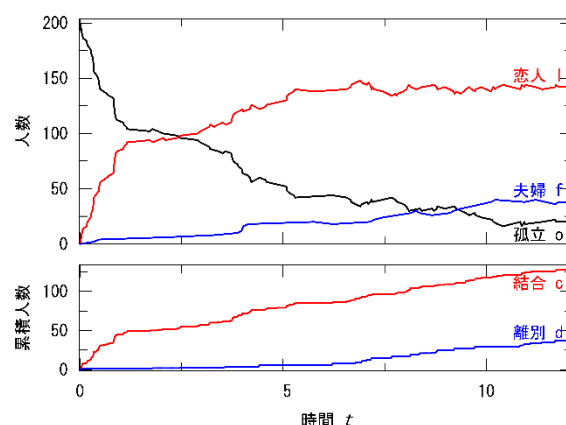


図9 区画 M の大きさを $s_m=0.1$ とした場合の男女関係の推移。区画 D の大きさ $s_d=0.1$ など、それ以外の計算条件は図2と同じである。

ただし、世界の子供の出生率はひとりあたりのGDPと逆相関にあることが知られており、経済環境との関係は単純ではない[8]。結婚年齢が人種によって、また時代とともに異なることも知られている。これらの状況は社会的経済的背景と s_m や s_d の関係を複雑にすることで説明できるのだろうか。それとも心理空間に別な要素を加える必要があるのだろうか。

男女関係におよぼす社会的経済的な効果は心理空間に構造をもたせることでシミュレーションが可能になった。しかし、社会の複雑な実情に合わせるにはさらに研究が必要である。

5. むすび

人間が心理的な相互作用をする場として心理空間を導入し、多様な心理を心理空間の異なる領域に対応づけて解析の可能性を広げた。応用として男女関係の多様な心理状態を複数の区画に分けて、関係の展開をシミュレーションで描いてみた。家庭は社会の基本単位となるので、シミュレーションは社会の構成を理解する上でも役立つかもしれない。

解析では心理空間の構造は運動とは独立とみなしたが、ふたつの間に関係をもたせることで応用が広がる可能性もある。たとえば、ある領域に入ると心理の引力が強まるような状況を考えれば、カルトなど結びつきの強いグループについて

形成過程の理解が深められるかもしれない。

心理空間の応用には未開拓な部分が多く、今後様々な方向からの解析の推進が求められる。

参考文献

- [1] D. Helbing and P. Molnar, “Social force model for pedestrian dynamics”, Phys. Rev., E51, 4282-4286, 1995.
- [2] C. M. Macal and M. J. North: “Tutorial on agent-based modelling and simulation”, J. Simulation, 4, 151-162, 2010.
- [3] 井田喜明、「シミュレーションでさぐる意思決定の仕組み」、アドバンスシミュレーション、30, 87-96, 2023.
- [4] 井田喜明、「シミュレーションでさぐる民主政治と独裁政治の関係」、アドバンスシミュレーション、31, 93-101, 2024.
- [5] D. Nealon: “The science of love: What research has gleaned about the most elusive of human experiences”, Harvard Medical School, <https://hms.harvard.edu/news/science-love#:~:text=The%20brain%20on%20love:%20a%20chemical%20cascade&Dennis%20Nealon>
- [6] 毎日新聞、「ヨーロッパの結婚制度」、<https://mainichi.jp/articles/20221221/osg/00m/040/008000d>
- [7] 内閣府、「人口・経済・地域社会をめぐる現状と課題」、https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/future/sentaku/s3_1_2.html
- [8] 日本パープル、「世界の合計特殊週勝率と一人あたりの GDP の関係」、https://ecitizen.jp/gdp/fertility-rate-and-gdp/#google_vignette

※ 技術情報誌アドバンスシミュレーションは、それぞれの文献タイトルの下に記載した DOI から、PDF ファイル（カラー版）がダウンロードできます。また、本雑誌に記載された文献は、発行後に、JDREAMⅢ（日本最大級の科学技術文献情報データベース）に登録されます。