片付け最適戦略についての考察

西尾　佳也　　瀬川　暖人

１.要旨・概要

本研究では数理モデルの手法を用いた考察を行うことで，できるだけ片付けをせずに，なおかつ快適に過ごせるような，片付けについての最適戦略を提案する。私たちは，片付けを含めた日々の生活における労力を「生活労力」と定義し，生活労力の時間変動を表すモデルを作成した。得られたモデルから，生活労力は時間とともに増加することが明らかになった。また，得られたモデルを用いて，片付け回数と生活労力の関係を調べた。片付け回数は多すぎても少なすぎても生活労力が大きくなり，最適な片付け回数が存在することが分かった。私たちはよく「出した物はすぐに片づけなさい」と言われてきたが，その戦略が最適ではなかったということを示唆している。

２.問題提起・研究目的

多くの人が，出した物はすぐに片付けをするようにと言われた経験があるだろう。整理されていない家では，時間と金銭の損失，ストレスの増加，課題遂行の効率と集中の減少，対人関係の負担など多くの悪い結果を招く可能性があることが分かっている［1]。しかし，片付けはできることならしたくないものである。そこで，本研究では，できるだけ片付けをせずに，なおかつ快適に過ごせるような戦略を考える。そのような片付け戦略を，数理モデルの手法を用いて数学的に考察する。出した物をすぐに片付ける戦略は，果たして快適な生活を実現し得るだろうか。一方で，片付けないままで過ごした方が快適に過ごせるだろうか。片付けの最適戦略を提案することが本研究の目的である。

3.研究方法

3.1.アンケート調査

研究に先立って，片付けの実態を調査するために高松第一高等学校の生徒６４０人を対象にアンケート調査を行った。本調査では，①から⑪まで散らかっていく順番に並べられた１１枚の写真を見せ，それらの部屋で過ごしているとして，快適に感じるどうか，片付けをするかどうかを問うた（図１参照)。アンケート調査の結果，まだ不快に感じていないにもかかわらず，片付けをし始める人がいることが分かった（図２参照)。このようにまだ快適なのに片付けをするような戦略は，最適な片付け戦略と言えるのだろうか。

3.2.「生活労力」の定義

生活労力 $W(t)$とは，片付けされた状態(時刻０)から，時刻tまでにかかる以下の①，②，③に示す労力の総量である。ここで，tは時間を示す連続変数で，時刻$T(0 \leq t \leq T)$まで観察するものとする。

①片付いているところから物を取り出す労力 $W_t(t)$

②片付いていないところから物を取り出す労力 $W_f(t)$

③物を片付ける労力 $W_u(t)$

この定義から，本研究の目的は，「時刻 tにおける生活労力 $W(t)$を評価関数とし，この値が最小になるような片付け戦略を提案すること」と位置づけられる。

3.3.物の量の関数

時刻 tまでに取り出した累計の物の量を$S_n(t)$とする。時刻 tで新たに取り出す物の量は $\frac{d}{dt}S_n(t)$であり，時間経過とともに減少すると考えられる。これは，一度取り出した物は片づけない限りその後取り出す必要がないため，時間経過とともに，取り出すべき物の量が減少するからである。よって，時刻 tで新たに取り出す物の量$\frac{d}{dt}S_n(t)$の関数を式(1)のように表すこととする。

$$\frac{d}{dt}S_n(t) = \frac{a}{t+1} \tag{1}$$

ここで，aは，物の散らかりやすさを表すパラメータである。a＝5のときの時間変動を，図３に示す。

したがって，時刻 tまでに取り出した累計の物の量 $S_n(t)$の関数は式(2)のように表すことができる。

$$S_n(t) = \int_0^t \frac{a}{k+1} dk = a \log(t+1) \tag{2}$$

a＝5 のときの時間変動を，図４に示す。

また，時刻 tに新たに取り出す物の量は，時刻 tに片付いているところから取り出す物の量と考えることができる。さらに，毎日使う物の量が一定であると仮定すると，時刻 0 に新たに取り出す物の量 $\frac{d}{dt}S_n(0)$ が a であることから，ある時刻 tに取り出す物の量は a である。

したがって，時刻 tに片付いていないところから取り出す物の量 $\frac{d}{dt}S_r(t)$は，ある時刻 tに取り出す物の量 a から時刻 tに片づいているところから取り出す物の量 $\frac{d}{dt}S_n(t)$を引いたものであるから，時刻 tに片付いていないところから取り出す物の量 $\frac{d}{dt}S_r(t)$の関数は式(3)のように表すことができる。

$$\frac{d}{dt}S_r(t) = a - \frac{a}{t+1} = \frac{at}{t+1} \tag{3}$$

$a = 5$ のときの時間変動を，図５に示す。

3.4.片付いているところから物を取り出す労力の関数

時刻 tに片付いているところから物を取り出す労力$W_t(t)$は，時刻 t に片付いているところから取り出す物の量 $\frac{d}{dt}S_n(t)$ が大きいほど大きくなると考えられる。よって，時刻 t に片付いているところから物を取り出す労力の関数 $W_t(t)$ は式(4)のように表すことができる。

$$W_t(t) = \gamma \frac{d}{dt}S_n(t) = \frac{a\gamma}{t+1} \tag{4}$$

ここで，γ は，時刻tにおいて片付いているところから単位量の物を取り出す労力を表すパラメータである。a＝5，$\gamma = 1$のときの時間変動を図６に示す。

3.5.片付いていないところから物を取り出す労力の関数

物が横に散らかっている状況と比べて，物が縦に積み重なっているときに物を取り出す労力は大きくなると考えられる。

ここで，吉田ら[2]による，「独居高齢者の支援方策決定のための住環境評価手法の開発-散らかり度合いの定量化の提案-」について説明する。この研究は，3Dスキャナを用いて日数と床上物体占有率の関係を4日間にわたって調べたものである。実験参加者は独居生活をしている若年健常者（22歳から33歳の男性）であり，滞在時間の多い居室を対象に計測を行った。期間中は普段通りの生活をするように指示されているが，使用し終わった衣類・食器類・ごみ類などは片付けずにその場に放置するように指示されている。実験参加者B, Cの結果を見ると，途中で床上物体占有率が減少していた（図7参照）。これについて実験参加者にヒアリングをしたところ，ベッドの上に洋服を積んだり，食事をするためにスペースを作り，物を重ねておいたりしていたことが分かった。

この研究から，ある程度の物体占有率に達すると物を重ねて置くようになることが読み取れる。したがって，本研究では，物体は，初めは横に(平面的に)散らかっていくものとし，ある時間が経過すると物は縦に(立体的に)積み重なっていくようになると考える。物が縦に積み重なり始める時刻を t_mとした。

以上のことを考慮して，片付いていないところから物を取り出す労力 $W_f(t)$を，t_mの前後で場合分けして考える。

(1)　物が横に散らかる場合（$0 \le t \le t_m$）

時刻 $t\ (0 \le t \le t_m)$に片付いていないところから物を取り出す労力$W_f(t)$は，時刻 tに片付いていないところから取り出す物の量 $\frac{d}{dt}S_r(t)$が大きいほど大きくなると考えられる。よって，時刻 $t\ (0 \le t \le t_m)$に片付いていないところから物を取り出す労力$W_f(t)$の関数は式(5)のように表すことができる。

$$W_f(t) = \varepsilon \frac{d}{dt} S_r(t) = \frac{a\varepsilon t}{t+1} \quad (0 \le t \le t_m) \tag{5}$$

ここで，εは，時刻tにおいて片付いていないところから単位量の物を取り出す労力を表すパラメータである。

(2)　物が縦に積み重なる場合（$t_m < t$）

時刻 t_mに片付いていないところから物を取り出す労力は式(5)より，式(6)のように表すことができる。

$$W_f(t_m) = \frac{\varepsilon a t_m}{t+1} \tag{6}$$

時刻 t_mから時刻 $t\ (t_m < t)$までの間に上に積み重なったところから物を取り出す労力は，積み重なった物の量に比例すると考えると，式(7)のように表すことができる。

$$\theta\{S_n(t) - S_n(t_m)\} = a\theta \log\left(\frac{t+1}{t_m+1}\right) \tag{7}$$

時刻 $t\ (t_{max} < t)$ に片付いていないところから物を取り出す労力$W_f(t)$は，式(6)と式(7)の和で表される。したがって，式(8)のように表すことができる。

$$W_f(t) = a\theta \log\left(\frac{t+1}{t_m+1}\right) + \frac{a\varepsilon t_m}{t+1} \qquad (t_m < t) \tag{8}$$

ここで，θは，時刻tにおいて縦に積み重なっているところから単位量の物を取り出す労力を表すパラメータである。ただし，横に散らかっているところから単位量の物を取り出すよりも縦に積み重なっているところから単位量の物を取り出す方が，労力が大きいと考えられるため，$\varepsilon < \theta$とする。

したがって，時刻 $t\ (0 \le t \le t_{max})$に片付いていないところから物を取り出す労力$W_f(t)$の関数は式(9)のように表すことができる。

$$W_f(t) = \begin{cases} \dfrac{a\varepsilon t}{t+1} & (0 \le \mathrm{t} \le t_m) \\ a\theta \log\left(\dfrac{t+1}{t_m+1}\right) + \dfrac{a\varepsilon t_m}{t+1} & (t_m < t) \end{cases} \tag{9}$$

a＝5，$\varepsilon = 2$，$\theta = 3$ のときの時間変動を図８に示す。

3.6.物を片付ける労力の関数

時刻 tに物を片付ける労力 $W_u(t)$は，時刻 tまでに取り出した累計の物の量 $S_n(t)$が大きいほど大きくなると考えられる。よって，時刻 tに物を片付ける労力 $W_u(t)$の関数は式(10)のように表すことができる。

$$W_u(t) = \mu S_n(t) = a\mu \log(t+1) \tag{10}$$

ここで，μは，時刻tにおいて単位量の物を片付ける労力を表すパラメータである。a＝5, $\mu = 4$のときの時間変動を図９に示す。

3.7.生活労力の関数

片付いているところから物を取り出す労力 $W_t(t)$と片付いていないところから物を取り出す労力 $W_f(t)$は，物を片付けるという行動を観察期間中に何度も行うため，観察期間内の全ての時刻でかかる労力とみなす。よって，生活労力の定義から，生活労力 $W(t)$の関数は式(11)のように表すことができる。

$$W(t) = \int_0^t W_t(k)dk + \int_0^t W_f\,(k)dk + W_u(t)$$

$$= \begin{cases} a\log(t+1)(\gamma-\varepsilon+\mu) + aqt & (t \le t_m) \\ a\log(t+1)\,(\gamma+\mu) + \varepsilon a\{t_m - \log(t_m+1)\} & \\ \quad + a\theta(t-t_m)\left\{\log(t-t_m) - \log(t_m+1) - \varepsilon\left(\frac{t_m}{t_m+1}\right)\right\} & (t_m < t) \end{cases} \tag{11}$$

a＝5, $\gamma = 1$, $\varepsilon = 2$, $\theta = 3$, $\mu = 4$ のときの時間変動を図 10 に示す。

3.8.物の量の関数を変更した場合

３.３では，時刻 t に新たに取り出す物の量 $\frac{d}{dt}S_n(t)$を，分数関数を用いて表した。ここでは，他の減少関数でも同様の結果が得られるか調べるため，指数関数を用いて表した（式(12)）。

$$\frac{d}{dt}S_n(t) = ae^{-\frac{t}{b}} \tag{12}$$

ここで，b は，所有する物の量とその使い方を表すパラメータである。

また，時刻 t に片付いていないところから取り出す物の量$\frac{d}{dt}S_r(t)$は，式(13)のように表すことができる。

$$\frac{d}{dt}S_r(t) = a\left(1 - e^{-\frac{t}{b}}\right) \tag{13}$$

b の値が大きければ，時刻 t において新たに取り出すものの量が大きくなる一方，片付いていないところから取り出すものの量は小さくなる。したがって，b が大きければ時刻 t までに新たに取り出したものの総量 $\int_0^t \frac{d}{dt}S_n(k)dk$ も大きくなり，片付いていないところから取り出したものの総量 $\int_0^t \frac{d}{dt}S_r(k)dk$ は小さくなる。これは，片付いていないところから取り出したものよりも，新たに取り出したものをよく使う傾向にあることが想定される。また，より多くのものを所有していることも想定できる。

このとき，片付いているところから物を取り出す労力 $W_t(t)$，片付いていないところから物を取り出す労力 $W_f(t)$，物を片付ける労力 $W_u(t)$は，それぞれ式(14)，(15)，(16)のように表すことができる。

$$W_t(t) = \gamma\frac{d}{dt}S_n(t) = \gamma ae^{-\frac{t}{b}} \tag{14}$$

$$W_f(t) = \begin{cases} \varepsilon\frac{d}{dt}S_r(t) = a\varepsilon\left(1 - e^{-\frac{t}{b}}\right) & (0 \le \mathrm{t} \le t_m) \\ ab\theta\left(e^{-\frac{t_m}{b}} - e^{-\frac{t}{b}}\right) + a\varepsilon\left(1 - e^{-\frac{t_m}{b}}\right) & (t_m < t) \end{cases} \tag{15}$$

$$W_u(t) = ab\mu\left(1 - e^{-\frac{t}{b}}\right) \tag{16}$$

よって，これらの関数の場合も生活労力の定義から，生活労力 $W(t)$ の関数は式(17)のように表すことができる。

$$W(t)=\int_0^t W_t(k)dk+\int_0^t W_f(k)dk+W_u(t)$$

$$=\begin{cases}(\gamma+\mu)ab\left(1-e^{-\frac{t}{b}}\right)+\varepsilon a\left(t+be^{-\frac{t}{b}}-b\right) & (t\le t_m)\\ (\gamma+\mu)ab\left(1-e^{-\frac{t}{b}}\right)+\varepsilon a\left(t_m+be^{-\frac{t_m}{b}}-b\right) & \\ \quad +\left\{\theta abe^{-\frac{t_m}{b}}+\varepsilon a\left(1-e^{-\frac{t_m}{b}}\right)\right\}(t-t_m)+\theta ab^2\left(e^{-\frac{t}{b}}-e^{-\frac{t_m}{b}}\right) & (t_m<t)\end{cases} \tag{17}$$

a＝5，$\gamma=1$，$\varepsilon=2$，$\theta=3$，$\mu=4$，$b=4$ のときの時間変動を図 12 に示す。

3.9.解析

得られた生活労力関数 $W(t)$ を用いて，観察期間内における片付け回数と生活労力 $W(t)$ の関係を調べた（図 11 参照）。また，物の量の関数を変化させて得られた生活労力 $W(t)$を用いて，同様に片付け回数と$W(t)$の関係を調べた（図 12 参照）。

Google Colaboratory において，Python を用いて，数値シミュレーションを行った。

4.結果

図 11 において，片付けをほとんどしない場合（片付け回数 1 回），生活労力は大きくなっている。一方，片付け回数が 4 回を超えると，片付け回数の増加とともに生活労力が大きくなっている。物の量の関数を変化させた場合も同様の結果が得られた（図 12 参照）。すなわち，片付け回数が多すぎても少なすぎても生活労力が大きくなることが分かった。

5.考察

片付け回数が少ないとき，散らかっている物の量が大きいため物を取り出す労力が大きくなり，生活労力が大きくなると考えられる。時刻 t_mを超えるまで片付けしないでいると，物が縦に積み重なることで物を取り出す労力がそれまでより大きくなるからである。片付け回数が多いとき，散らかっている物の量が小さいため物を取り出す労力は小さいが，何度も片付けをするため物を片付ける労力が大きくなることで，生活労力が大きくなると考えられる。

しかし，パラメータの値が変わると，片付け回数の多寡が生活労力に及ぼす影響が変化し，数値シミュレーションの結果が変わる可能性がある。様々なパラメータ値を用いて数値シミュレーションを行ったところ，シミュレーションによるグラフの概形の変化は見られなかった。aの値を大きくする場合は，物を散らかしやすい人が生活をするような状況と対応している。図 11 の観察期間内における片付け回数と生活労力 $W(t)$の関係において，aの値を 5 から 10 や 30 に変化させ，同様のシミュレーションを行った。すると，aの値が大きくなると，生活労力を最小にするような片付け回数は多くなった（図 13, 14 参照）。これは，物を散らかしやすい人は，片付け回数を多くすることで快適に過ごせるという可能性を示唆している。また，μの値が大きい場合は，片付けを苦手としている人など，片付けをする際にかかる労力が大きい状況と対応している。図 11 の観察期間内における片付け回数と生活労力 $W(t)$の関係において，μの値を 4 から 1 や 7 に変化させ，同様のシミュレーションを行った。μの値を小さくすると，生活労力が最小にするような片付け回数は多くなった（図 15 参照）。逆に，μの値を大きくすると，生活労力を最小にするような片付け回数は少なくなった（図 16 参照）。片付けをあまり苦にしない人は片付けを多くするとより快適な生活につながるのに対し，片付けが嫌いであったり苦手であったりする人は片付けをできるだけ先送りする方が快適に過ごせるという可能性が示唆された。

6.結論・課題

本研究で得られた片付け最適戦略とは，片付けをしすぎることなく，かつ，物を散らかしすぎないことである。すなわち，適度な片付け回数で生活することが最適であることが分かった。また，「出した物はすぐに片付けなさい」と言われてきたが，すぐに片付けることで片付け回数を増やすことは，必ずしも快適な生活につながるとは限らないことが分かった。

今後の課題として，生活労力にかかわる要素として物が散らかることによるストレスや移動のしにくさなど，物が出たまま過ごす労力について考えたい。また，片付いているところから物を取り出す労力に関するパラメータ γ と，片付いていないところから取り出す労力に関するパラメータ ε の大小について考えるなど，パラメータによって最適な片付け回数がどのように変化するかをさらに広く，詳細に調べたい。

7. 参考文献

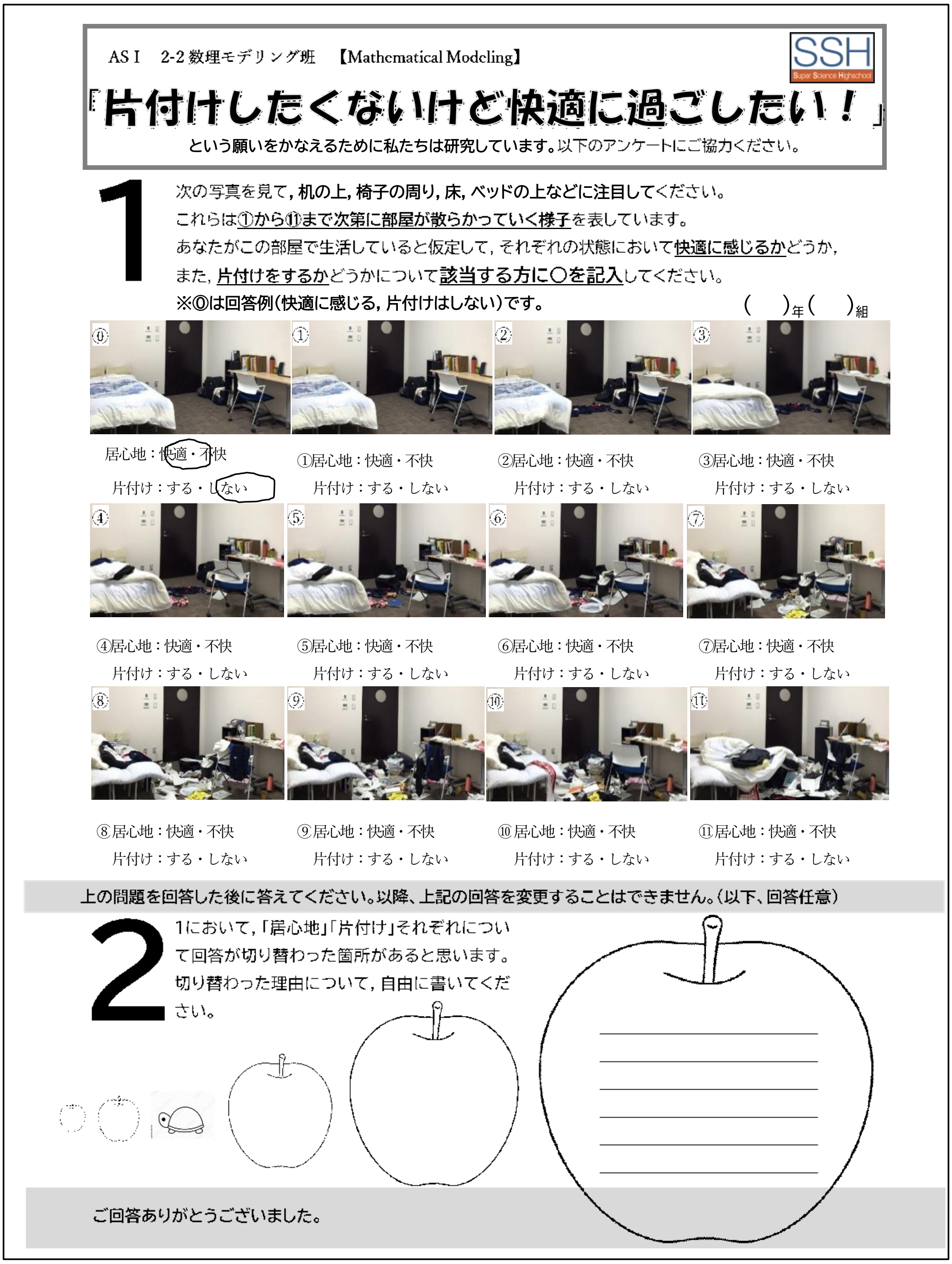
[1] Smarr, C.-A., Long, S. K., Prakash, A., Mitzner, T. L. & Rogers, W. A. (2014). UNDERSTANDING YOUNGER AND OLDER ADULTS' NEEDS FOR HOME ORGANIZATION SUPPORT, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 58th Annual Meeting.

[2] 吉田拓海, 二瓶美里, 小竹元基, 鎌田実(2015). 独居高齢者の支援方策決定のための住環境評価手法の開発 - 散らかり度合いの定量化の提案 -, LIFE 2015.

8. 謝辞

終始熱心なご指導を頂いた松岡先生，作榮先生に感謝の意を表します。また，高松第一高校の先生方，各発表会で発表を見ていただいた皆様には大変参考になるフィードバックを頂きました。そして，アンケートに回答して下さった高松第一高校全校生徒の皆様には，感謝の念にたえません。本当にありがとうございました。

9.図表・画像



AS I　2-2 数理モデリング班　【Mathematical Modeling】

SSH Super Science Highschool

「片付けしたくないけど快適に過ごしたい！」

という願いをかなえるために私たちは研究しています。以下のアンケートにご協力ください。

1

次の写真を見て，机の上，椅子の周り，床，ベッドの上などに注目してください。
これらは①から⑪まで次第に部屋が散らかっていく様子を表しています。
あなたがこの部屋で生活していると仮定して，それぞれの状態において快適に感じるかどうか，
また，片付けをするかどうかについて該当する方に〇を記入してください。
※⓪は回答例(快適に感じる，片付けはしない)です。　(　　)年(　　)組

⓪居心地：快適・不快
片付け：する・しない

①居心地：快適・不快
片付け：する・しない

②居心地：快適・不快
片付け：する・しない

③居心地：快適・不快
片付け：する・しない

④居心地：快適・不快
片付け：する・しない

⑤居心地：快適・不快
片付け：する・しない

⑥居心地：快適・不快
片付け：する・しない

⑦居心地：快適・不快
片付け：する・しない

⑧居心地：快適・不快
片付け：する・しない

⑨居心地：快適・不快
片付け：する・しない

⑩居心地：快適・不快
片付け：する・しない

⑪居心地：快適・不快
片付け：する・しない

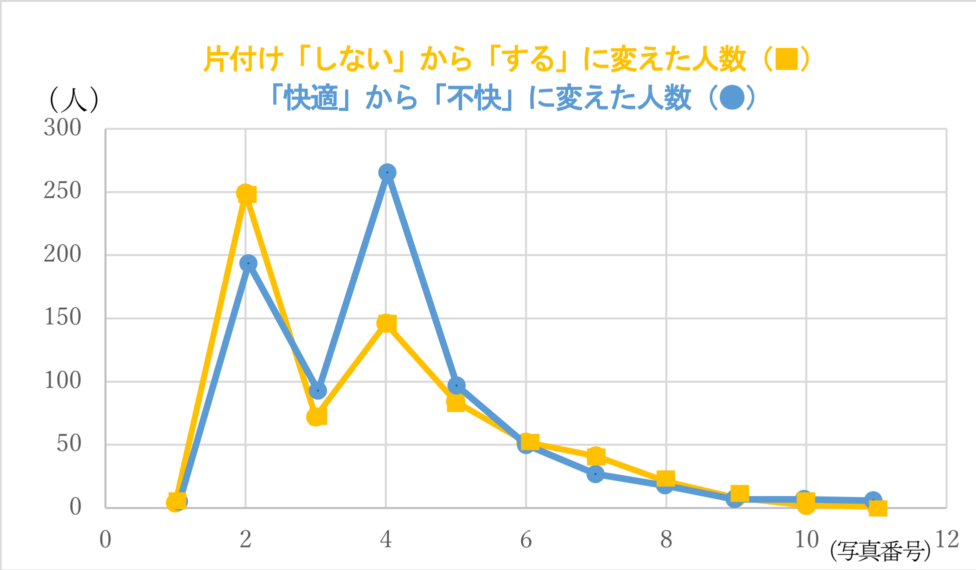
上の問題を回答した後に答えてください。以降、上記の回答を変更することはできません。(以下、回答任意)

2

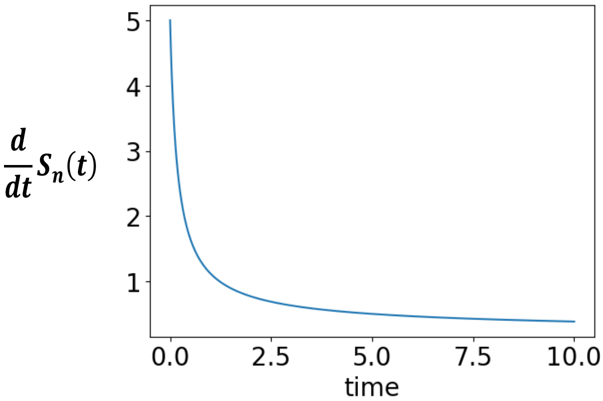
1において，「居心地」「片付け」それぞれについて回答が切り替わった箇所があると思います。切り替わった理由について，自由に書いてください。

ご回答ありがとうございました。

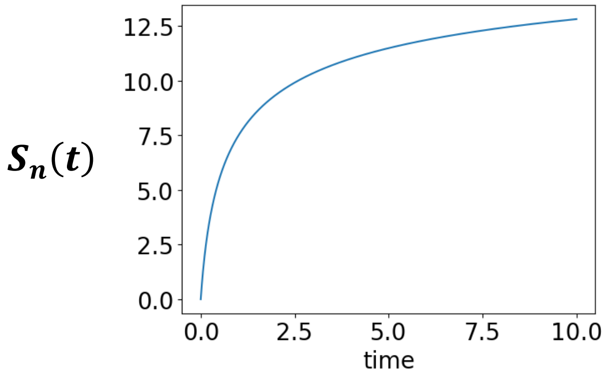
(図 1) アンケート用紙



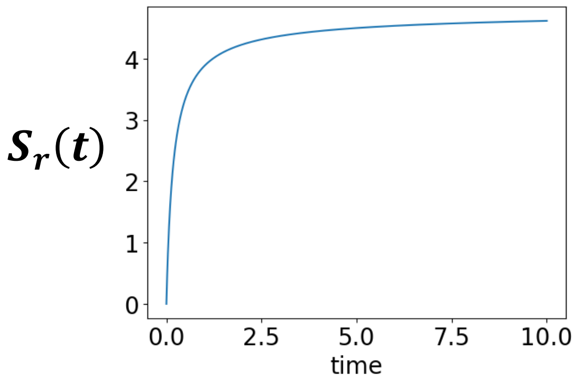
（図 2）アンケート結果



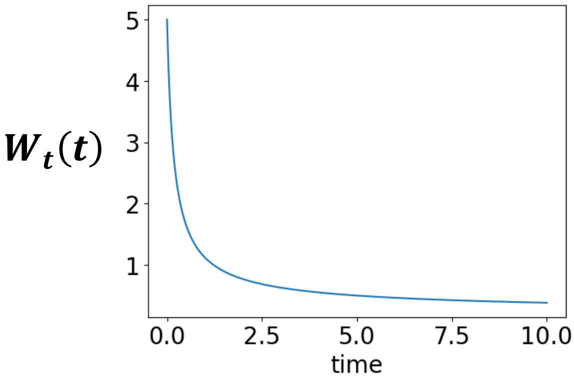
（図 3）$\frac{d}{dt}S_n(t)$の時間変動（a=5 のとき）



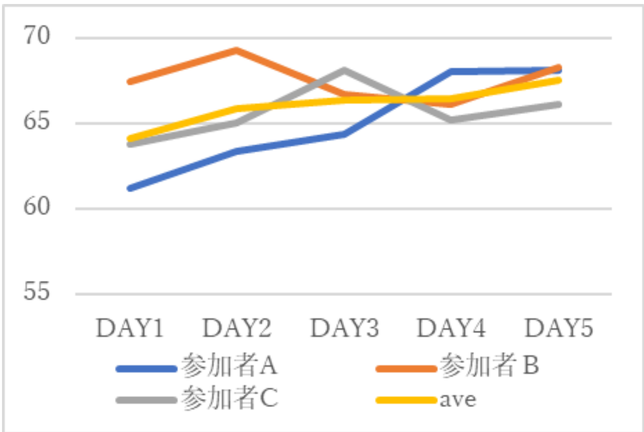
（図 4）$S_n(t)$の時間変動（a=5 のとき）



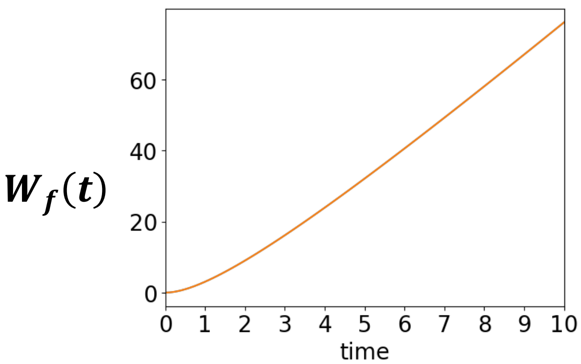
（図 5）$S_r(t)$の時間変動（a=5 のとき）



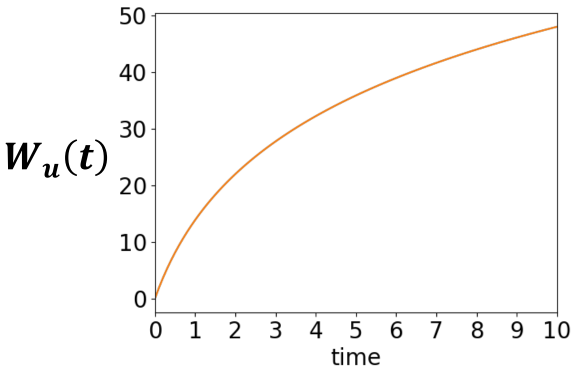
（図 6）$W_t(t)$の時間変動（a=5, $\gamma = 1$のとき）



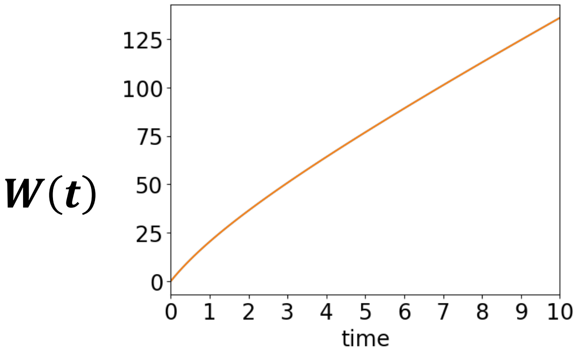
（図 7）先行研究の結果



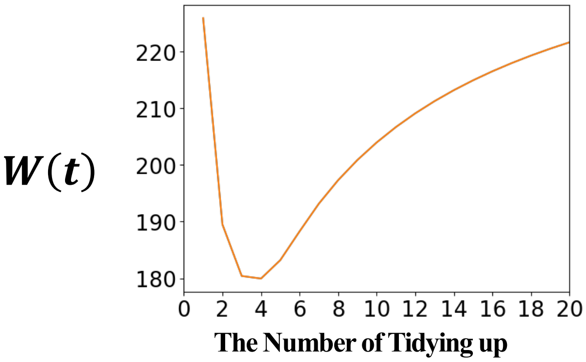
（図 8）$W_f(t)$の時間変動（a=5, $\varepsilon = 2$, $\theta = 3$のとき）



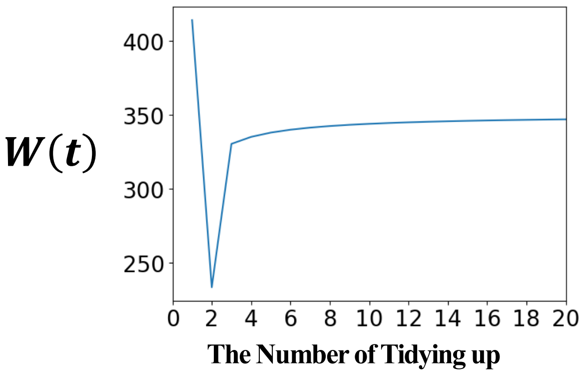
（図 9）$W_u(t)$の時間変動（a=5, $\mu = 4$のとき）



（図 10）$W(t)$の時間変動（a=5, $\gamma = 1$, $\varepsilon = 2$, $\theta = 3$, $\mu = 4$のとき）

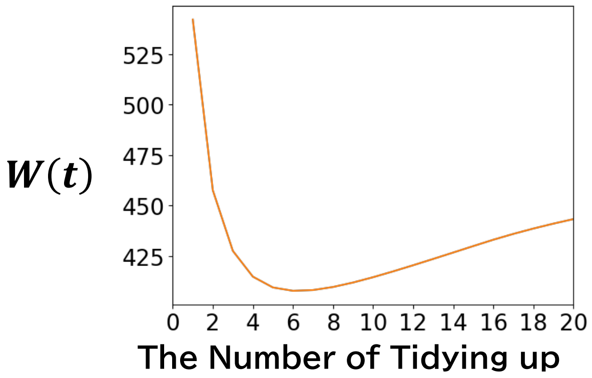


（図 11）片付け回数と$W(t)$の関係（a=5, $\gamma = 1$, $\varepsilon = 2$, $\theta = 3$, $\mu = 4$のとき）

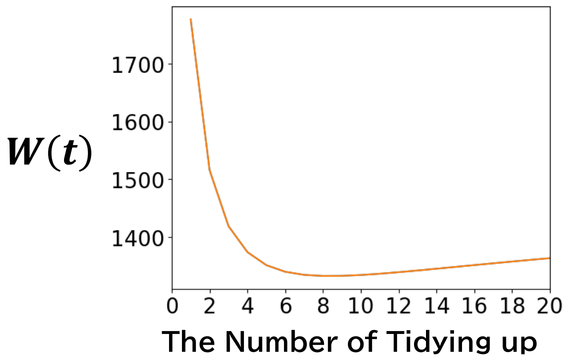


（図 12）物の量の関数変更後の片付け回数と$W(t)$の関係

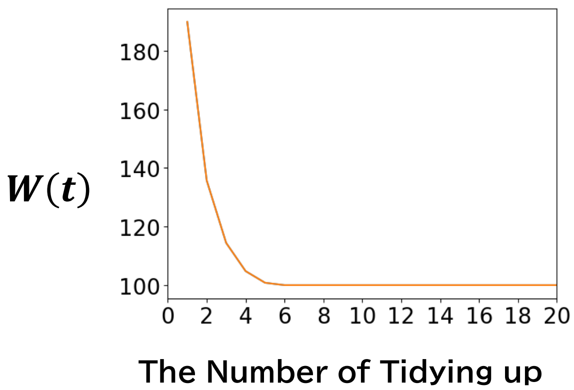
（a=5, $\gamma = 1$, $\varepsilon = 2$, $\theta = 3$, $\mu = 4$, $b = 4$のとき）



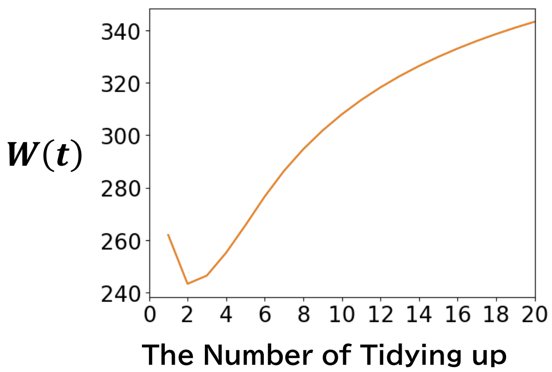
（図 13）片付け回数と$W(t)$の関係（a=10，他のパラメータは図 11 と同じ）



（図 14）片付け回数と$W(t)$の関係（a=30，他のパラメータは図 11 と同じ）



（図 15）片付け回数と$W(t)$の関係（μ=1，他のパラメータは図 11 と同じ）



（図 16）片付け回数と$W(t)$の関係（μ=7，他のパラメータは図 11 と同じ）