査読論文

所得水準とナッジが異時点間の効用選択に与える影響
—保健行動を事例として—

沖本　まどか（静岡県立大学大学院経営情報イノベーション研究科）

社会規範や社会比較ナッジが行動変容を導くことを示す研究は多いが，医療・健康分野に関してはその効果について評価が分かれる．本稿では健康分野の様な現在の行動費用と将来の利得がトレードオフとなる領域を想定する．そして将来の不効用をもたらし得る財の消費を減少させる情報ナッジが，望ましい行動を引き出すための条件について理論的なフレームワークの提示を，所得に着眼して模索する．分析の結果，ナッジによる介入水準が低い場合においては，所得が高い（低い）ほどナッジによる介入を緩める（強化する）べきということが示された．

キーワード：ナッジ，保健行動，医療・健康，所得

1　はじめに

本稿では，特に健康分野における個人の行動と所得水準の関係に焦点を当て，望ましい行動を引き出す目的でのナッジによる介入の有効性について理論的に検討する．介入の手法としては，SNAP やたばこ税の様な財消費に対する補助や課税があるが，近年ではナッジを用いた緩やかな介入について多くの研究がなされている．

情報の提示や社会比較ナッジが望ましい行動変容を引き出すという結果を示す研究は多い（Allcott 2011, Frey and Meier 2004, Hallsworth et al. 2017, Shang and Croson 2009）．情報や社会規範の提示や社会比較ナッジにより医療・健康分野で望ましい行動を引き出せることを示した研究には，Ishihara et al. (2019), Lapinski et al. (2013), Judah et al. (2009)，Meeker et al. (2016), 依田・石原(2018)，松本(2022)，竹林 他(2021)などがある．例えば Bewick et al. (2008) では，介入群の被験者は情報を自身の飲酒行動に対して受け取り，その 63%がこうした介入を有効と認識したという帰結を得ている．また食品選択に関して，情報提示などナッジについて，川畑 他(2021)は医療施設内コンビニエンスストアへの介入の有効性を示し，佐々木(2021)は有機農産物選択促進が一部有効と示し，森 他(2022)は，社会貢献意識を利用した健康メニュー選択について有効としている．

一方で佐々木・大竹(2018)では，情報提供によるナッジが医療・健康分野で常に有効とは限らないとしている．情報ナッジがインフルエンザワクチン接種に与える影響についての研究である Bronchetti et al. (2015)では，低費用のナッジは社会的関係が影響を与える場合を除けば原則的には接種率を増加させなかった． Lapinski et al. (2013)は社会規範メッセージが手洗いに与える影響について，社会規範が最も効果的な手法という根拠はないという帰結を得た． こうした現象について，佐々木・大竹(2018)は，時間選好率が高い人ほど，来期に生じる利益に対して，禁煙・健康診断の受診・薬の服用など今期の金銭や時

間的費用や精神的費用を大きく認識する結果としている．また Picone et al.(2004)などにおいても，時間選好率の高さが今期の予防的行動に対する阻害要因になるとされている．ただし Picone et al.(2004)はナッジについての研究ではない．また Picone et al.(2004)は簡単な期待効用理論を提示する点で本稿と類似するが，それ以上の理論的研究がなされておらずお企業を含めた均衡を考えていない点で本稿とは異なる．また本稿のモデルでも，時間選好率が高い場合は割引期待不効用が小さく留まる．

健康分野におけるナッジの有効性を扱う論文には，Picone et al.(2004)の様に一部理論的手法を用いたものもあるが，実証分析を手法とするものが多い．よって本稿では理論的な分析手法により，2 期間の効用がトレードオフになる場合に，ナッジが不効用を削減しつつも消費者の合理的選択を阻害しないための条件を理論的に探索する．こうした理論的な先行研究がほぼない中で，本稿はスタンダードな 2 期間の消費選択モデルを参考にして，2 期間の効用選択を扱うモデルを応用し，ナッジの有効性について分析を試みている．

そうした健康行動変容に係るナッジに関して理論的フレームワークを模索する上で，本稿では所得水準の影響をモデルに内包する．これは，所得水準の変動により人々の行動が変化することが実証分析によって明らかになっているためである．例えば Chan and Gruber (2010) は保険選択の文脈において高所得層ほど価格に左右されづらいことを示唆しているし，Cawley and Ruhm (2011)は所得水準に依存して非健康的な振る舞いが緩和も悪化もし得ることを示している．また Case et al. (2002) と Case et al. (2005)は，家計の所得水準や子供期の健康が，子どもへの投資，学校の欠席や教育水準，子どもの将来期における健康や所得などに影響を及ぼすことを示し，その影響が次世代まで受け継がれる可能性について指摘している．同様の研究は Adler et al. (1994)，Smith (1999)，Doorslaer et al. (1997)，Currie and Stabile (2003)，Deaton and Paxson (1998)など多くある．

本稿では財消費において，財 2 はタバコ，酒，ジャンクフードなど，財 1 と併せて消費するが，将来において不効用をもたらす場合があるものとする．このとき所得が下落するに従って財 2 需要が増加するなら，将来の期待不効用も悪化する．よってモデルではこの状況に対して，財 1 需要から社会選好による効用を創出するナッジを仮定し，それにより財 2 から財 1 へと需要流出が生じて期待不効用が削減される．ただしこのとき 2 財の消費比率の偏りにより今期の効用下落が生じ得る．こうした効用下落を，ウォーキング，手洗い等の生活習慣の改善や検診や服薬など,将来の不効用に対する予防的行動による今期のコストとも解釈できる．

本稿のモデルでは，所得やナッジがもたらす財 1 需要比率の上昇により必ずしも間接効用が増加するとは限らない．そうしたとき，ナッジ水準が低い場合においては，所得の下落に対して最適なナッジ水準は強化されるべきと示せた．また一方で所得が下落する場合に際して，最適なナッジは緩和されるべきとなる場合があるという帰結も得た．この様に，ナッジの緩和によりむしろ効用が上昇する場合があると示せたが，これは Lapinski et al. (2013)など社会比較ナッジが万能とは限らないことを示す一連の先行研究に対する一つの

理論的裏付けになると考えられる．

第 2 章と第3章では，需要が所得水準やナッジから受ける影響を分析する．第4章では，所得水準とナッジが間接効用に与える影響を導出する．第 5 章では，どの様な場合において所得下落時にナッジを強化すべきかについて議論し，第6章を結論とする．

2　モデル

財 1（効用を創出する通常の財）と財 2（将来において不効用をもたらす可能性がある財）の2財を消費する代表的消費者を考える．ただし財 i の価格と消費量を p_i , x_i , $i = 1{,}2$ とする．消費者は第1期において2財を消費することにより効用 $x_1 x_2$ を得るが，財2はタバコやファストフードの様に摂取量に応じて将来において第 2 期において確率 P で割引不効用をもたらすとする．簡単化のため第 2 期では財を消費しないとする．ここで割引因子を β とし，財2が第2期でもたらす単位当たり不効用を $exp(-\alpha ID) - 1$ と定義すると，x_2 単位消費がもたらす割引期待不効用は $\beta P(exp(-\alpha ID) - 1)x_2$ で表せる．但し α , I , D はそれぞれ，この消費者のリスク回避度と所得水準，財 2 が被害をもたらす場合の被害額とする．また，リスク回避度に所得水準がかかっている定式化は，所得が高い人ほどリスク回避行動が強まるという，先行研究の実証分析とも整合性のある，尤もらしい仮定である．

以上より，財2の需要量を減らすほど割引期待不効用が小さくなるが，効用 $x_1 x_2$ はその原点に対して凸な無差別曲線の形状から 2 財の消費比率が偏ることで減少する性質をもつため，この点において第 1 期の効用と第 2 期の不効用がトレードオフになりうる．よってこの状況に対し情報ナッジやナッジによる介入を想定する．ナッジの水準を s で表し，ナッジにより財1の x_1 単位消費に際して社会選好によってもたらされる効用を sx_1 とすると，第1期の効用は，$x_1 x_2 + sx_1$ になる．

この消費者の2期間の効用の和を u とする．このとき効用最大化問題は，

$$\max_{x_1, x_2}\ x_1 x_2 + sx_1 + \beta P(exp(-\alpha ID) - 1)x_2$$

$$\text{s.t.}\quad p_1 x_1 + p_2 x_2 = I$$

と表せる． ここでラグランジュ未定乗数を λ ，ラグランジュ関数を $L = x_1 x_2 + sx_1 + \beta P(exp(-\alpha ID) - 1)x_2 - \lambda(p_1 x_1 + p_2 x_2 - I)$ と置くと， 1 階の条件は，

$$\frac{\partial L}{\partial x_1} = x_2 + s - \lambda p_1 = 0 \Leftrightarrow x_2 + s = \lambda p_1 \tag{1}$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_2} = x_1 + \beta P(exp(-\alpha ID) - 1) - \lambda p_2 = 0 \Leftrightarrow x_1 + \beta P(exp(-\alpha ID) - 1) = \lambda p_2 \tag{2}$$

$$p_1 x_1 + p_2 x_2 = I\ . \tag{3}$$

ここで需要関数を x_i^D , $i=1,2$ とおくと，

$$x_1^D=\frac{I+p_2s}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1) \tag{4}$$

$$x_2^D=\frac{p_1}{p_2}\left[\frac{I-p_2s}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right] \tag{5}$$

の様に求まる．また財 1 は上級財，財 2 は，$\frac{1}{2p_1}>(<)\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D$ ならば上級財（下級財）である．

次に 2 市場とも完全競争市場とする．まず財 1 市場の企業は同質であるとし，簡単化のためその代表的 1 社の供給関数を市場の供給関数とする．この代表的企業について，c_1 , F_1 を正の定数としその費用関数を $C(x_1)=c_1x_1^\gamma+F_1$ と定義する．ただし $\gamma>1$ と仮定する．この費用関数のもとでは常に限界費用が平均可変費用を上回るため，正の生産量全域において，限界費用曲線が供給曲線になる．よって利潤最大化条件 $p_1=c_1\gamma x_1^{\gamma-1}$ より財 i 市場の供給関数を， x_i^S , $i=1,2$ とおくと，財 1 市場の供給関数は，以下の様に表せる．

$$x_1^S=\left(\frac{p_1}{c_1\gamma}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}. \tag{6}$$

財 2 市場についても企業は同質とする．ここから財 2 市場についてもc_2 , F_2 を正の定数とし，費用関数を $C(x_2)=c_2x_2^\delta+F_2$ と定義する．ただし $\delta>1$ と仮定する．すると利潤最大化条件 $p_2=c_2\delta x_2^{\delta-1}$ より財 2 市場の供給関数は，正の生産量全域において，

$$x_2^S=\left(\frac{p_2}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}. \tag{7}$$

3　均衡と比較静学分析

ここでは市場の均衡が所得水準やナッジの水準からいかなる影響を受けるかを明らかにする．まず財 1 市場の需給均衡条件は，

$$\frac{I+p_2s}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)-\left(\frac{p_1}{c_1\gamma}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}=0 \tag{8}$$

である．ここから単一市場での均衡での値を(*)を付けて表す．(8)式の全微分より，$\frac{\partial p_1^*}{\partial I}>$

0を得る．一方で財2市場の需給均衡条件は，

$$\frac{p_1}{p_2}\left[\frac{I-p_2 s}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]-\left(\frac{p_2}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}=0. \tag{9}$$

(9)式の全微分より，$sign\left(\frac{\partial p_2^*}{\partial I}\right)=sign\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)$を得る．つまり財 2 が上級財（下級財）であれば，$\frac{\partial p_2^*}{\partial I}>(<)0$ である．財 2 が下級財である場合，健康被害の額や確率が十分高くなるため，介入の必要性があるといえる．よってこれ以降は，財 2 を下級財と仮定する．

次に 2 財の市場が同時に均衡する状態は，(8)-(9)式のそれぞれの全微分の同時成立で表せる．この同時均衡の内生変数の値を，個別市場の均衡値と区別するため，(**)を付けて表す．このとき 2 財の価格が所得とナッジから受ける影響は，$X=-\frac{I+p_2 s}{2{p_1}^2}-\left(\frac{1}{c_1\gamma}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(\frac{1}{\gamma-1}\right){p_1}^{\frac{2-\gamma}{\gamma-1}}<0$，$Y=\frac{-p_1}{{p_2}^2}\left[\frac{I}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]-\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right){p_2}^{\frac{2-\delta}{\delta-1}}<0$ としてヤコビアンを $|J|=XY-\frac{s\beta P}{4p_1p_2}(exp(-\alpha ID)-1)>0$ と置くと，$\varphi=I,s$ について $\frac{\partial p_1^{**}}{\partial\varphi}>0$，$\frac{\partial p_2^{**}}{\partial\varphi}<0$ である（付論１）．ただし $\frac{dp_j^{**}}{d\varphi}=\frac{\partial p_j^*}{\partial\varphi}+\frac{\partial p_j^*}{\partial p_k}\frac{dp_k^{**}}{d\varphi}$，$j,k=1,2,j\neq k$ である．この式において，$\frac{\partial p_1^*}{\partial p_2}>0$，$\frac{\partial p_2^*}{\partial p_1}<0$ であり，$\frac{\partial p_1^*}{\partial\varphi}>0$，$\frac{\partial p_2^*}{\partial\varphi}<0$ である（付論２）．この様に所得上昇とナッジの強化のどちらについても，同質な結果を得る．具体的には，財 1 価格については，2 財の価格が補完的関係を持つため，財 2 価格の下落を通じた価格下落効果が生じるが，直接効果において生じる価格上昇効果がそれを凌駕するため，最終的には価格上昇が生じるといえる．財 2 価格については，2 財の価格が代替的関係を持つため，直接効果における価格下落効果に財 1 価格の上昇を通じた価格下落効果が加わり，値下げが生じると示唆できる．

次に需要の変化を明らかにする．2 市場が同時に均衡するとき，2 財の均衡取引量が所得とナッジ水準の変化から受ける影響は，$\frac{dx_1^{**}}{d\varphi}>0$，$\frac{dx_2^{**}}{d\varphi}<0$ となる．具体的にはこのとき，$\frac{dx_j^{**}}{d\varphi}=\frac{\partial x_j^*}{\partial p_j}\frac{dp_j^{**}}{d\varphi}+\frac{\partial x_j^*}{\partial p_k}\frac{dp_k^{**}}{d\varphi}+\frac{\partial x_j^*}{\partial\varphi}$ である．また価格を介した間接効果については，$\frac{\partial x_1^*}{\partial p_1}=-\frac{I+p_2 s}{2{p_1}^2}<0$，$\frac{\partial x_1^*}{\partial p_2}=\frac{s}{2p_1}>0$，$\frac{\partial x_2^*}{\partial p_2}=-\frac{p_1}{p_2}\left\{\frac{1}{p_2}\left[\frac{I-p_2 s}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]+\frac{s}{2p_1}\right\}<0$，$\frac{\partial x_2^*}{\partial p_1}=$

$\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)-1)<0$ であり，直接効果については，$\frac{\partial x_1^*}{\partial I}=\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D>0$，$\frac{\partial x_2^*}{\partial I}=\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)<0$，$\frac{\partial x_1^*}{\partial s}=\frac{p_2}{2p_1}>0$，$\frac{\partial x_2^*}{\partial s}=-\frac{1}{2}<0$ である（付論３）．すると所得上昇が需要にもたらす影響はこれらをまとめて，$\frac{dx_1^{**}}{dI}=\frac{\partial x_1^*}{\partial p_1}\frac{dp_1^{**}}{dI}+\frac{\partial x_1^*}{\partial p_2}\frac{dp_2^{**}}{dI}+\frac{\partial x_1^*}{\partial I}>0$ であり，また下級財の仮定より，$\frac{dx_2^{**}}{dI}=\frac{\partial x_2^*}{\partial p_2}\frac{dp_2^{**}}{dI}+\frac{\partial x_2^*}{\partial p_1}\frac{dp_1^{**}}{dI}+\frac{\partial x_2^*}{\partial I}<0$（付論３-４）と導ける．

加えてナッジ強化が需要にもたらす影響については，$\frac{dx_1^{**}}{ds}=\frac{\partial x_1^*}{\partial p_1}\frac{dp_1^{**}}{ds}+\frac{\partial x_1^*}{\partial p_2}\frac{dp_2^{**}}{ds}+\frac{\partial x_1^*}{\partial s}>0$，$\frac{dx_2^{**}}{ds}=\frac{\partial x_2^*}{\partial p_2}\frac{\partial p_2^{**}}{\partial s}+\frac{\partial x_2^*}{\partial p_1}\frac{\partial p_1^{**}}{\partial s}+\frac{\partial x_2^*}{\partial s}<0$ である（付論３）．

よって所得上昇についてもナッジの強化についても，財 1 需要に関しては，財 1 価格上昇と財 2 価格下落による需要減少効果という間接効果を，直接効果における需要増が上回り最終的に需要が増加すると分かる．また，財 2 に関しては，財 2 価格下落が需要増加効果を生む一方で，財 1 価格の上昇により標準的モデルとは異なり需要減少効果が生じ，また直接効果は需要減少効果であり，これらが足し合わされて需要減少が生じるといえる．

4　最大効用と所得

4.1 所得による効用上昇

次に，財 1 消費を対象としたナッジがある経済において，所得変動による消費行動の変化が，市場均衡での最大効用に与える効果を導出する．ただし 2 市場が同時に均衡する場合の間接効用関数は，$u^{**}=x_1^{**}x_2^{**}+sx_1^{**}+\beta P(exp(-\alpha ID)-1)x_2^{**}$ と表せる．期待不効用と供給側がなく価格が一定の標準的な間接効用関数では，予算制約の微分 $p_1\frac{\partial x_1}{dI}+p_2\frac{\partial x_2}{dI}=1$ より $\frac{du^{**}}{dI}=\lambda>0$ が成り立つが，本モデルでは(1)-(2)式より，以下の関係を得る．

$$\frac{du^{**}}{dI}=-\beta Pexp(-\alpha ID)\alpha Dx_2^{**}+[x_1^{**}+\beta P(exp(-\alpha ID)-1)]\frac{dx_2^{**}}{dI}+(x_2^{**}+s)\frac{dx_1^{**}}{dI} \tag{10}$$

$$=\lambda\left(p_1\frac{dx_1^{**}}{dI}+p_2\frac{dx_2^{**}}{dI}\right)-\beta Pexp(-\alpha ID)\alpha Dx_2^{**}. \tag{10$'$}$$

ただし(10)式の第 2 項については(4)式より，$x_1^D+\beta P(exp(-\alpha ID)-1)>0$ であり，$\frac{dx_2^{**}}{dI}<$

0 の下ではこの第 2 項の符号は負である．

以上の式を分析する。（10）式の第 1 項は唯一の直接効果であり，所得が上昇するときに，財 2 がもたらす不効用が増大する効果を表す．第 2 項は，所得上昇により，財 2 の価格下落と財 1 の価格上昇により財 2 の需要が増える効果が小さく，最終的には直接効果により財 2 の需要が減少し，結果，効用が減少する効果を表す．第 3 項は，所得上昇によって財 1 価格の上昇と財 2 価格の下落が生じても直接効果により最終的には財 1 需要が増加するため，効用が増すという効果を表す．

また(10)'式のうち第 1 項を，価格を一定とした 2 財の限界消費性向の和とみなせる．この第 1 項は 2 財を消費者にとってバランス良く消費することで生じる効用の変化分とも考えられる．また第 2 項は，財 2 がもたらす割引期待不効用の悪化による効用の減少分と考えられる．そして限界消費性向の和については，財 1 の需要増が大きく財 2 の需要減が少ないほど，消費から得られる効用は増加しやすいと示唆できる．つまり均衡において間接効用の上昇が成立するには，少なくともこの第 1 項が正になる必要がある．しかし効用の減少分については，財 2 の需要減が少ないほど期待不効用の削減額も小さく留まるため，2 財の需要バランスがもたらす効用と期待不効用の削減がトレードオフになる．

次に所得上昇により間接効用が上昇するための条件についてより詳細に考える．まず需要関数 (4)-(5) 式について $\frac{\partial x_1^D}{\partial I}=\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D>0$ ，$\frac{\partial x_2^D}{\partial I}=\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)<0$ である．また，$X=\frac{d\left(x_1^D-x_1^S\right)}{dp_1}=\frac{d\left(x_1^D-x_1^S\right)/\left(x_1^D-x_1^S\right)}{dp_1/p_1}\frac{\left(x_1^D-x_1^S\right)}{p_1}<0$ ，$Y=\frac{d\left(x_2^D-x_2^S\right)}{dp_2}=\frac{d\left(x_2^D-x_2^S\right)/\left(x_2^D-x_2^S\right)}{dp_2/p_2}\frac{\left(x_2^D-x_2^S\right)}{p_2}<0$ と置く．これらは財 1 と財 2 についての超過需要の価格弾力性を表すといえる．ただし，供給側が価格から受ける影響は捨象すると，この超過需要の価格弾力性の高さは，間接的に需要の価格弾力性を表す．また $C_1=\left(\frac{1}{c_1\gamma}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(\frac{1}{\gamma-1}\right)p_1^{\frac{2-\gamma}{\gamma-1}}>0$, $C_2=\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2^{\frac{2-\delta}{\delta-1}}>0$ と置くと，（10)'式の第 1 項の内訳は $p_1\frac{dx_1^{**}}{dI}+p_2\frac{dx_2^{**}}{dI}=\frac{1}{|J|}\left\{\frac{\partial x_2^D}{\partial I}\left(\frac{s}{2}C_1-p_2XC_2\right)+\frac{\partial x_1^D}{\partial I}\left[-p_1YC_1+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)C_2\right]\right\}$ とできる (付論 4).

よって(10)'式の第 1 項について $\frac{1}{|J|}\left\{\frac{\partial x_2^D}{\partial I}\left(\frac{s}{2}C_1-p_2XC_2\right)+\frac{\partial x_1^D}{\partial I}\left[-p_1YC_1+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)C_2\right]\right\}>0$ を導く条件として第 1 項と分母の s より以下の命題を得る．

命題 1　財 2 の需要増に従い割引期待不効用が増加するとき，s が小さく，ナッジによる介入の程度が弱い場合に，所得上昇により市場均衡での間接効用が増加する．

まず命題 1 は，財 1 がもたらす社会選好による効用が低い場合を表す．この現象は，ナッジによる介入が少ないほど，通常のモデルに近くなり，所得上昇が間接効用の増加につながるためと分析できる．また命題から，ナッジによる介入水準が既に高い場合は，限界消費性向が低くなりやすく，所得が上昇しても間接効用が上昇しにくくなるともいえる．

ここでナッジが不効用を削減しつつも消費者の合理的選択を阻害しないための条件を考える．まず，間接効用を指標としているため，所得上昇時の消費者の合理的選択は守られているといえる．そのうえで，ナッジによる当初の不効用の削減の程度が低い（高い）方が，所得上昇時に間接効用が増加しやすくなる（増加し辛くなる）と判明した．ここから，単にナッジの水準が高ければ効用が上昇するわけではないと示唆できる．

また所得上昇時に間接効用が増加するための他の条件として，$\frac{\partial x_2^D}{\partial I}$ の絶対値が小さく(財２の下級財的性質が弱く，所得上昇時にさほど財２が減少しない場合を意味する)，X の絶対値が小さく(財 1 の超過需要の価格弾力性が低く，財 1 の価格増が需要増加をさほど抑制しない場合を意味する)，加えて，β が低く，P が低く，I が高い，つまり時間選好率が高く，健康被害の確率が低く，所得が高いこと（財２がもたらす割引期待不効用が軽い），財２の需要量 x_2^{**} が少ないことが挙げられる．よって， ナッジの程度が当初は低く財 2 がもたらす期待割引不効用が小さく，2 期間のトレードオフ構造が弱い場合に，所得上昇により．間接効用が増加しやすいといえる．

4.2 ナッジによる効用上昇

次に，ナッジの強化により望ましい行動変容を促進する場合に，間接効用が増加する条件を明らかにする．この場合，s の変化が u^{**} にもたらす影響は，

$$\frac{du^{**}}{ds} = x_1^{**} + (x_2^{**} + s)\frac{dx_1^{**}}{ds} + [x_1^{**} + \beta P(exp(-\alpha ID) - 1)]\frac{dx_2^{**}}{ds} \tag{11}$$

$$= \lambda\left(p_1\frac{dx_1^{**}}{ds} + p_2\frac{dx_2^{**}}{ds}\right) + x_1^{**}. \tag{11$'$}$$

この様に(11)式より効用の変化分は，需要比率の変動が生む消費による効用の変化と，ナッジ増が生む効用増，割引期待不効用減に分けられる.またこれらは，(11)’式の第 1 項が表すナッジによる限界消費性向の和と，ナッジ増による社会選好がもたらす直接効果が生む追加的効用に二分できる．(11)’式の第 1 項が正の値になるときは，十分 $\frac{du^{**}}{ds} > 0$ である．

ここで (11)’ 式の第 1 項の内訳は， $p_1\frac{dx_1^{**}}{ds} + p_2\frac{dx_2^{**}}{ds} = \frac{1}{2|J|}\left\{-C_1\left(p_2Y + \frac{s}{2}\right) +\right.$

$C_2\left[\frac{\beta P}{2p_1}(exp(-\alpha ID)-1)+X\right]\Big\}$ の様に表せる（付論５）．(11)’式の値が正となる条件は，所得についての限界消費性向と割引期待不効用の和が正となる条件とほぼ同質であり，s が小さい（当初のナッジ介入水準が低いほど，ナッジ介入により効用が上昇しやすくなる)，X の絶対値が小さい，β ，P が十分小さい，I が十分大きいである．また第２項より x_1^{**}が大きいほど効用が増加しやすくなる．

また(11)’式の第 2 項から，財 1 需要が既に多く介入の必要性が薄い場合にも，ナッジがもたらす効用が誘因となって，介入の促進により結果として間接効用水準が向上しやすくなるといえる．しかし，期待被害額がさほど高くない経済において，市場介入による財 2 から財 1 への需要流出を可とするかについては議論がなされるべきといえる．

ここでナッジが不効用を削減しつつも消費者の合理的選択を阻害しないための条件について考える．今，間接効用を指標としているため，ナッジ強化時の消費者の合理的選択は担保されている．そのうえで，ナッジによる不効用の削減の程度が元々は低い（高い）方が，ナッジの強化による不効用の削減により間接効用が増加しやすくなる（増加し辛くなる）と判明した．ここから，ナッジによる当初の介入水準が高くても大幅な財選択の変更と期待不効用削減効果には繋がらないと示唆できる．

5　最適なナッジと所得

最後に s について u^{**} の最大化を考える．まず２階の条件は，(1)式と(2)式より，$\frac{d^2u^{**}}{ds^2}=2\frac{dx_1^{**}}{ds}\left(\frac{dx_2^{**}}{ds}+1\right)+\lambda\left(p_1\frac{d^2x_1^{**}}{ds^2}+p_2\frac{d^2x_2^{**}}{ds^2}\right)$ であるが，均衡での需要関数の 2 階偏微分が十分小さいと仮定し捨象する．ここで $\frac{d^2u^{**}}{ds^2}\approx 2\frac{dx_1^{**}}{ds}\left(\frac{dx_2^{**}}{ds}+1\right)<0$ を保証するため，以下の条件を置く．

条件 1： $\frac{dx_2^{**}}{ds}<-1$.

条件 1 は，ナッジの強化により財 2 の需要量が大幅に減少する場合に限り，ナッジ水準を増加させると，ある所から間接効用の水準が上昇から減少に転じることを示唆する．

次に 1 階の条件 $\frac{du^{**}}{ds}=0$ と陰関数定理より

$$\frac{\partial s^{\circ}}{\partial I}\approx\frac{-1}{2\frac{dx_1^{**}}{ds}\left(\frac{dx_2^{**}}{ds}+1\right)}\left\{\begin{array}{c}\frac{dx_1^{**}}{dI}+\frac{dx_2^{**}}{dI}\frac{dx_1^{**}}{ds}\\+\left[\frac{dx_1^{**}}{dI}+\beta Pexp(-\alpha ID)(-\alpha D)\right]\frac{dx_2^{**}}{ds}\end{array}\right\} \tag{12}$$

を得る（付論 6）．ただし(°)という記号により最適な s を表すとする．次に(12)式の右辺を $\frac{\partial \widetilde{s^{\circ}}}{\partial I}$ で定義すると，

$$sign\left(\frac{\partial \widetilde{s^{\circ}}}{\partial I}\right)=sign\left(\frac{dx_2^{**}}{dI}\frac{dx_1^{**}}{ds}+\frac{dx_1^{**}}{dI}\left(\frac{dx_2^{**}}{ds}+1\right)-\beta Pexp(-\alpha ID)\alpha D\frac{dx_2^{**}}{ds}\right) \tag{13}$$

を得る．(13)式右辺について，第 1 項の符号は負，第 2 項の符号は条件 1 の下では負，第 3 項の符号は正である（付論 3・4）．この第 3 項については，時間選好率が高く，β が小さいほど，項の値が小さくなり，(13)式の右辺は負になりやすくなるといえる．また，不効用をもたらす確率 P，所得を意味する I も同様の効果を示す．一方で，（13）式の第 1 項と第 2 項において，$\frac{dx_1^{**}}{dI}=\frac{C_1}{|J|}\left(\frac{s}{2p_2}\frac{\partial x_2^D}{\partial I}-\frac{\partial x_1^D}{\partial I}Y\right)>0$，$\frac{dx_2^{**}}{dI}=\frac{-p_1C_2}{p_2|J|}\left[X\frac{\partial x_2^D}{\partial I}-\frac{\beta P}{2p_1}(exp(-\alpha ID)-1)\frac{\partial x_1^D}{\partial I}\right]<0$，$\frac{dx_1^{**}}{ds}=\frac{-C_1}{2p_1|J|}\left(p_2Y+\frac{s}{2}\right)>0$ である（付論 4・5）これらの絶対値がそれぞれ十分大きい場合に(13)式右辺は負の値になるといえる（$\frac{dx_2^{**}}{ds}$ は(13)式分子の第 2 項と第 3 項にあるため，(13)式の符号を決める要因ではない）．

このとき $\frac{dx_1^{**}}{dI}$，$\frac{dx_2^{**}}{dI}$ の絶対値，$\frac{dx_1^{**}}{ds}$ が大きくなるために共通する条件は，s が十分小さくなることである．よってこれより以下の命題を得る．

命題 2　財 2 の需要増に従い割引期待不効用が増加するとき，財 1 需要を促進することで市場均衡での間接効用を最大化するナッジが，$\frac{\partial s^{\circ}}{\partial I}<0$ を満たすための条件は，ナッジによる介入の程度が弱いことである．

命題 2 は，ナッジによる介入水準が低い場合に，所得が高い（低い）ほどナッジによる介入を緩める（強化する）べきということを意味する．ここから，所得が低いほど被害を小さく見積もる選好を問題視した上での所得が低い層に対する介入の強化は，個人の合理性を削がずに不効用を削減するという介入の意義に即しており直観にも反しない．他方で，ナッジによる介入水準が低いという点では，所得上昇により間接効用が上昇する標準的な

モデルに近いにも関わらず，所得上昇に対して介入水準を緩和して財 2 への需要の揺り戻しを許容して需要の偏りを改善することで，間接効用を向上する効果を生む場合があるとも推測できる． この様に所得上昇時に，財 2 への多少の需要の揺り戻しが望ましくなる原因としては，消費バランスを通じた効用改善の可能性に加え，時間選好率の高さも考えられる．

最後に，$\frac{dx_1^{**}}{dI}$ と $\frac{dx_1^{**}}{ds}$ については，X の絶対値が小さいほど，$\frac{\partial s^{\circ}}{\partial I} < 0$ が満たされやすく，

$\frac{dx_1^{**}}{dI}$ と $\frac{dx_2^{**}}{dI}$ については，$\frac{\partial x_1^D}{\partial I}$ が十分大きいほど $\frac{\partial s^{\circ}}{\partial I} < 0$ が満たされやすくなるといえた．よって，財 1 の超過需要の価格弾力性が低いほど，また第 1 財の上級財的な性質が強いほど，所得上昇により最適なナッジ水準が下落しやすくなると考えられる．ここから，財 1 から財 2 への需要流出が少なく，また財 1 が，品質が高くまた必需品的な傾向が高いほど，所得上昇（下落）に対して，最適なナッジ介入水準が減少（上昇）することが示唆できる．

6　結論と政策的含意

本稿では，ナッジによる緩やかな介入の中でも，特にその影響が常に有効とは限らないとされる医療・健康分野におけるナッジによる介入について，保健行動と密接な関係があるとされる個人の所得水準に着眼して，社会的に望ましい行動を引き出すための条件について理論的なフレームワークを提示することを模索した．そこで，消費者の合理的選択を担保しながらナッジにより不効用を削減するための条件を考えた．また，この様な問題意識において，本稿では望ましい状態を表す指標として間接効用関数を採用し，またそれにより消費者の合理的選択を担保した．

まず分析から，財 2 が下級財であり，しかしナッジによる介入水準はまだ低いといった条件の下では，所得の下落に対して最適なナッジ水準は強化されるべきという帰結を理論的に導いた．また，通常の財である財 1 の超過需要の価格弾力性が低く財 1 の上級財的性質が高い場合にも，所得下落に対して最適な策はナッジの強化になりやすいという可能性も示唆できた． 以上より，低所得者に財 1 を多く選択させるというナッジ本来の趣旨に即した効果を強めるためには，ナッジ介入を強化し過ぎないことと，ナッジと並行して財 1 の価値を高めることが必要と考えられる．

一方でナッジによる介入水準が既に高いといった条件下では反対に，高所得者に対しては最適なナッジは強化され，低所得の消費者に対してはナッジによる介入の緩和を進めることが理論的には望ましくなる． この様な介入の本来の目的に一見反する帰結は，間接効用水準を指標とすることにより生じている．本モデルでは間接効用関数は，2 財の需要による効用と財 2 による割引期待不効用から構成される．よって，社会における不効用削減と，特に低所得層の消費者にとっての 2 財の需要のバランスを望み通りに保つという合理的意思決定の尊重が，トレードオフになる．ここから，ナッジ介入の水準が高くても，所

得水準によっては効用が改善しない場合もあると推測できる．そして，こうした場合が，実証分析において医療・健康分野でナッジが有効にならない場合と符合すると推察される．

しかし本稿では，この様なナッジ介入の下であっても期待不効用を発生させる財の消費がむしろ促進される状況において，どういった条件下や手法であれば，社会的に望ましいナッジ介入が可能になるのかという点に関して，十分な政策的含意を導出できなかった．よって今後の研究においては，所得に依存した保健行動にナッジが与える影響について，実証や政策に応用可能な理論的帰結の導出が求められる．加えてパターナリズム的判断の様な効用水準以外の基準に基づいた介入やその是非という観点から，ナッジによる健康分野への適切な介入のあり方についても理論研究がなされるべきである.また本稿では，財消費が行われるのは第 1 期のみであり，2 期間にわたって消費が行われる異時点間の消費選択については十分に扱えなかった．よってこの点を克服した理論モデルによる研究が今後の課題と考えられる．また，本稿の様にナッジに関する理論的な研究は非常に少ないためこうした研究が蓄積されていくことを期待したい．

付論

1　2 市場同時均衡の比較静学分析

まず，財 1 市場の均衡条件は，

$$\frac{I+p_2 s}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)-\left(\frac{p_1}{c_1\gamma}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}=0$$

である．一方で財 2 市場の需給均衡条件は，

$$\frac{p_1}{p_2}\left[\frac{I-p_2 s}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]-\left(\frac{p_2}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}=0.$$

2 市場同時均衡では，これら 2 式の全微分が同時に成立するため，以下を得る．

$$\begin{bmatrix} X & \frac{s}{2p_1} \\ \frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)-1) & Y \end{bmatrix}\begin{bmatrix} dp_1 \\ dp_2 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} -\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right) \\ -\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right) \end{bmatrix}dI+\begin{bmatrix} -\frac{p_2}{2p_1} \\ \frac{1}{2} \end{bmatrix}ds.$$

ここで，$X=-\frac{I+p_2 s}{2{p_1}^2}-\left(\frac{1}{c_1\gamma}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(\frac{1}{\gamma-1}\right){p_1}^{\frac{2-\gamma}{\gamma-1}}<0$，$Y=\frac{-p_1}{{p_2}^2}\left[\frac{I}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]-$

$\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2{}^{\frac{2-\delta}{\delta-1}}<0$ と置くと，クラメールの公式より，ヤコビアン $|J|=XY-\frac{s}{2p_1}\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)-1)>0$ の下で以下を得る．ただし同時の均衡の値を（**）で表す．すると，

$$\frac{dp_1^{**}}{dI}=\frac{\begin{vmatrix}-\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right) & \frac{s}{2p_1}\\ -\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right) & Y\end{vmatrix}}{|J|}$$
$$=\frac{1}{|J|}\left[-\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)Y+\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\frac{s}{2p_1}\right]$$
$$=\frac{1}{|J|}\left[\frac{1}{2p_1}\left(-Y+\frac{p_1}{p_2}\frac{s}{2p_1}\right)-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\left(Y+\frac{p_1}{p_2}\frac{s}{2p_1}\right)\right].$$

右辺の分子の第 1 項の符号は正である．第 2 項の符号は，$Y=\frac{-p_1}{p_2{}^2}\left[\frac{I}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]-\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2{}^{\frac{2-\delta}{\delta-1}}$ より，$Y+\frac{p_1}{p_2}\frac{s}{2p_1}=\frac{-p_1}{p_2{}^2}\left[\frac{I-p_2s}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]-\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2{}^{\frac{2-\delta}{\delta-1}}=\frac{-1}{p_2}x_2^D-\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2{}^{\frac{2-\delta}{\delta-1}}<0$ となるため，$\frac{dp_1^{**}}{dI}>0$ である．また，

$$\frac{dp_1^{**}}{ds}=\frac{\begin{vmatrix}-\frac{p_2}{2p_1} & \frac{s}{2p_1}\\ \frac{1}{2} & Y\end{vmatrix}}{|J|}=\frac{1}{|J|}\left(-\frac{p_2}{2p_1}Y-\frac{s}{2p_1}\frac{1}{2}\right).$$

ここで $p_2Y+\frac{s}{2}=-\frac{p_1}{p_2}\left[\frac{I-p_2s}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]-\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2{}^{\frac{1}{\delta-1}}=-x_2^D-\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2{}^{\frac{1}{\delta-1}}<0$ より，$\frac{dp_1^{**}}{ds}>0.$ 次に，第 2 財の価格については，

$$\frac{dp_2^{**}}{dI}=\frac{\begin{vmatrix}X & -\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\\ \frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)-1) & -\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\end{vmatrix}}{|J|}$$

$$=\frac{1}{|J|}\left[\begin{array}{c}-X\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\\+\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)-1)\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\end{array}\right]<0,$$

$$\frac{dp_2^{**}}{ds}=\frac{\begin{vmatrix}X & -\frac{p_2}{2p_1}\\ \frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)-1) & \frac{1}{2}\end{vmatrix}}{|J|}$$

$$=\frac{1}{|J|}\left[X\frac{1}{2}+\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)-1)\frac{p_2}{2p_1}\right]<0.$$

2　2市場の同時均衡価格

$\frac{dp_j^{**}}{d\varphi}=\frac{\partial p_j^*}{\partial \varphi}+\frac{\partial p_j^*}{\partial p_k}\frac{dp_k^{**}}{d\varphi}$，　$j,k=1,2,j\neq k$，　$\varphi=I,s$である．この式において，$\frac{\partial p_1^*}{\partial p_2}=\frac{1}{X}\left(-\frac{s}{2p_1}\right)>0$，$\frac{\partial p_2^*}{\partial p_1}=\frac{1}{Y}\left[-\frac{1}{p_2}\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]<0$ であり，$\frac{\partial p_1^*}{\partial I}=-\frac{1}{X}\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)>0$．また財 2 が下級財であるため，$\frac{\partial p_2^*}{\partial I}=\frac{1}{Y}\left[-\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right]<0$，$\frac{\partial p_1^*}{\partial s}=\frac{1}{X}\left(-\frac{p_2}{2p_1}\right)>0$，$\frac{\partial p_2^*}{\partial s}=\frac{1}{Y}\frac{1}{2}<0$ である．

3　2市場の同時均衡取引量

財 1 については,

$$\frac{dx_1^{**}}{dI}=\frac{\partial x_1^*}{\partial p_1}\frac{dp_1^{**}}{dI}+\frac{\partial x_1^*}{\partial p_2}\frac{dp_2^{**}}{dI}+\frac{\partial x_1^*}{\partial I}$$

$$=\left(-\frac{I+p_2s}{2{p_1}^2}\right)\frac{1}{|J|}\left[-\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)Y+\frac{s}{2p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right]$$
$$+\frac{s}{2p_1}\frac{1}{|J|}\left[-X\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right.$$
$$\left.+\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]$$
$$+\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)$$

$$=\frac{1}{|J|}\left\{\left(\frac{I+p_2s}{2{p_1}^2}\right)\left[\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)Y-\frac{s}{2p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right]\right.$$

$$+\left(\frac{s}{2p_1}\right)\left[-X\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right.$$

$$\left.+\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)\alpha D-1)\right]$$

$$\left.+\left[XY-\frac{s\beta P}{4p_1p_2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right\}$$

$$=\frac{1}{|J|}\left\{\left(\frac{I+p_2s}{2{p_1}^2}\right)\left[\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)Y-\frac{s}{2p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right]\right.$$

$$\left.+\left(\frac{s}{2p_1}\right)\left[-X\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right]+XY\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right\}$$

$$=\frac{1}{|J|}\left\{\frac{-s}{2p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\left[\left(\frac{I+p_2s}{2{p_1}^2}\right)+X\right]\right.$$

$$\left.+\left(\frac{I+p_2s}{2{p_1}^2}\right)\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)Y+XY\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right\}$$

$$=\frac{1}{|J|}\left\{\frac{-s}{2p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\left[\left(\frac{I+p_2s}{2{p_1}^2}\right)+X\right]\right.$$

$$\left.+\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)Y\left[\left(\frac{I+p_2s}{2{p_1}^2}\right)+X\right]\right\}$$

$$=\frac{1}{|J|}\left[\frac{-s}{2p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)+\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)Y\right]\left[\left(\frac{I+p_2s}{2{p_1}^2}\right)+X\right].$$

ただし，$X=-\frac{I+p_2s}{2{p_1}^2}-\left(\frac{1}{c_1\gamma}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(\frac{1}{\gamma-1}\right){p_1}^{\frac{2-\gamma}{\gamma-1}}<0$ より，$\left(\frac{I+p_2s}{2{p_1}^2}\right)+X=-\left(\frac{1}{c_1\gamma}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(\frac{1}{\gamma-1}\right){p_1}^{\frac{2-\gamma}{\gamma-1}}<0$. よって，

$$\frac{dx_1^{**}}{dI}=\frac{1}{|J|}\left(\frac{1}{c_1\gamma}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(\frac{1}{\gamma-1}\right){p_1}^{\frac{2-\gamma}{\gamma-1}}\left[\frac{s}{2p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right.$$

$$\left.-\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)Y\right]$$

$$= \frac{1}{|J|}\left(\frac{1}{c_1\gamma}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(\frac{1}{\gamma-1}\right)p_1{}^{\frac{2-\gamma}{\gamma-1}}\left[\frac{1}{2p_1}\left(\frac{s}{2p_2}-Y\right)-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\left(\frac{s}{2p_2}+Y\right)\right].$$

ただし　$\frac{s}{2p_2}+Y=\frac{-p_1}{p_2{}^2}\left[\frac{I-p_2 s}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]-\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2{}^{\frac{2-\delta}{\delta-1}}=\frac{-1}{p_2}x_2^D-\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2{}^{\frac{2-\delta}{\delta-1}}<0$. よって $\frac{dx_1^{**}}{dI}>0$. また財2については以下を得る.

$$\frac{dx_2^{**}}{dI}=\frac{\partial x_2^*}{\partial p_2}\frac{dp_2^{**}}{dI}+\frac{\partial x_2^*}{\partial p_1}\frac{dp_1^{**}}{dI}+\frac{\partial x_2^*}{\partial I}$$

$$=-\frac{p_1}{p_2}\begin{Bmatrix}\frac{1}{p_2}\left[\frac{I-p_2 s}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]\\ +\frac{s}{2p_1}\end{Bmatrix}\frac{1}{|J|}\left[-X\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right.$$
$$\left.+\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]$$

$$+\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)-1)\frac{1}{|J|}\left[-\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)Y\right.$$
$$\left.+\frac{s}{2p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right]+\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right).$$

財2が所得から受ける影響は付論4で確認する．また，

$$\frac{dx_1^{**}}{ds}=\frac{\partial x_1^*}{\partial p_1}\frac{dp_1^{**}}{ds}+\frac{\partial x_1^*}{\partial p_2}\frac{dp_2^{**}}{ds}+\frac{\partial x_1^*}{\partial s}$$

$$=\left(-\frac{I+p_2 s}{2p_1{}^2}\right)\frac{-1}{2p_1|J|}\left(p_2 Y+\frac{s}{2}\right)+\left(\frac{s}{2p_1}\right)\frac{1}{2|J|}\left[X+\frac{\beta P}{2p_1}(exp(-\alpha ID)\alpha D-1)\right]+\frac{p_2}{2p_1}$$

$$=\frac{1}{2p_1|J|}\left\{\frac{I+p_2 s}{2p_1{}^2}\left(p_2 Y+\frac{s}{2}\right)+s\left[X\frac{1}{2}+\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)\alpha D-1)\frac{p_2}{2p_1}\right]+p_2|J|\right\}$$

$$=\frac{1}{2p_1|J|}\begin{Bmatrix}\frac{I+p_2 s}{2p_1{}^2}\left(p_2 Y+\frac{s}{2}\right)+\frac{s}{2}\left[X+\frac{\beta P}{2p_1}(exp(-\alpha ID)\alpha D-1)\right]\\ +p_2\left[XY-\frac{s\beta P}{4p_1 p_2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]\end{Bmatrix}$$

$$= \frac{1}{2p_1|J|}\left[\frac{I + p_2 s}{2{p_1}^2}\left(p_2 Y + \frac{s}{2}\right) + \frac{s}{2}X + p_2 XY\right]$$

$$= \frac{1}{2p_1|J|}\left[\left(\frac{I + p_2 s}{2{p_1}^2}\right) + X\right]\left(p_2 Y + \frac{s}{2}\right).$$

ここで，$\left(\frac{I+p_2 s}{2{p_1}^2}\right) + X = -\left(\frac{1}{c_1\gamma}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(\frac{1}{\gamma-1}\right){p_1}^{\frac{2-\gamma}{\gamma-1}} < 0$ ，$p_2 Y + \frac{s}{2} = \frac{-p_1}{p_2}\left[\frac{I-sp_2}{2p_1} + \frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID) - 1)\right] < 0$.よって，$\frac{dx_1^{**}}{ds} = \frac{1}{2p_1|J|}\left[\left(\frac{I+p_2 s}{2{p_1}^2}\right) + X\right]\left(p_2 Y + \frac{s}{2}\right) > 0$ を得る．次に，

$$\frac{dx_2^{**}}{ds} = \frac{\partial x_2^*}{\partial p_2}\frac{dp_2^{**}}{ds} + \frac{\partial x_2^*}{\partial p_1}\frac{dp_1^{**}}{ds} + \frac{\partial x_2^*}{\partial s}$$

$$= \left\langle -\frac{p_1}{p_2}\left\{\begin{matrix}\frac{1}{p_2}\left[\frac{I - p_2 s}{2p_1} + \frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID) - 1)\right] \\ + \frac{s}{2p_1}\end{matrix}\right\}\right\rangle \frac{1}{2|J|}\left[\begin{matrix} X \\ + \frac{\beta P}{2p_1}(exp(-\alpha ID)\alpha D - 1)\end{matrix}\right]$$
$$+ \frac{1}{p_2}\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID) - 1)\frac{-1}{2p_1|J|}\left(p_2 Y + \frac{s}{2}\right) - \frac{1}{2}$$

$$= \frac{-1}{2p_2|J|}\left\langle p_1\left\{\frac{1}{p_2}\left[\frac{I - p_2 s}{2p_1} + \frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID) - 1)\right] + \frac{s}{2p_1}\right\}\left[X\right.\right.$$
$$\left. + \frac{\beta P}{2p_1}(exp(-\alpha ID) - 1)\right] + \beta P(exp(-\alpha ID) - 1)\left(\frac{p_2}{2p_1}Y + \frac{s}{4p_1}\right)$$
$$\left. + p_2\left[XY - \frac{s\beta P}{4p_1 p_2}(exp(-\alpha ID)\alpha D - 1)\right]\right\rangle$$

$$= \frac{-1}{2p_2|J|}\left\langle p_1\left\{\frac{1}{p_2}\left[\frac{I - p_2 s}{2p_1} + \frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID) - 1)\right] + \frac{s}{2p_1}\right\}\left[X + \frac{\beta P}{2p_1}(exp(-\alpha ID) - 1)\right]\right.$$
$$\left. + \frac{\beta P}{2p_1}(exp(-\alpha ID) - 1)\left(p_2 Y + \frac{s}{2}\right) + p_2\left[XY - \frac{s\beta P}{4p_1 p_2}(exp(-\alpha ID)\alpha D - 1)\right]\right\rangle$$

$$= \frac{-1}{2p_2|J|}\left\{\frac{p_1}{p_2}\left[\frac{I - p_2 s}{2p_1} + \frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID) - 1)\right]\left[X + \frac{1}{2p_1}\beta P(exp(-\alpha ID) - 1)\right]\right.$$
$$\left. + p_1\frac{s}{2p_1}X + \frac{\beta P}{2p_1}(exp(-\alpha ID) - 1)\left(p_2 Y + \frac{s}{2}\right) + p_2 XY\right\}$$

$$=\frac{-1}{2p_2|J|}\langle\frac{1}{2p_1}\beta P(exp(-\alpha ID)-1)\left\{\frac{p_1}{p_2}\left[\frac{I-p_2s}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]\right.$$

$$\left.+\left(p_2Y+\frac{s}{2}\right)\right\}+X\left\{\frac{p_1}{p_2}\left[\frac{I-p_2s}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]+\frac{s}{2}\right\}+p_2XY\rangle$$

ここで，$\frac{p_1}{p_2}\left[\frac{I-p_2s}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]+\left(p_2Y+\frac{s}{2}\right)=\frac{p_1}{p_2}\left[\frac{I}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]+p_2Y=-\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2^{\frac{1}{\delta-1}}<0$.よって，

$$\frac{dx_2^{**}}{ds}=\frac{-1}{2p_2|J|}\left\{\frac{1}{2p_1}\beta P(exp(-\alpha ID)-1)\left[-\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2^{\frac{1}{\delta-1}}\right]\right.$$

$$\left.+X\frac{p_1}{p_2}\left[\frac{I}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]+p_2XY\right\}.$$

このとき，$X\frac{p_1}{p_2}\left[\frac{I}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]+p_2XY=X\left[-\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2^{\frac{1}{\delta-1}}\right]>0$ である.

よって，

$$\frac{dx_2^{**}}{ds}=\frac{-1}{2p_2|J|}\left[\frac{1}{2p_1}\beta P(exp(-\alpha ID)-1)+X\right]\left[-\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2^{\frac{1}{\delta-1}}\right]<0$$

を得る.

4　所得による需要の変化

まず，$C_1=\left(\frac{1}{c_1\gamma}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(\frac{1}{\gamma-1}\right)p_1^{\frac{2-\gamma}{\gamma-1}}$，$C_2=\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2^{\frac{2-\delta}{\delta-1}}$ と置く．このとき財1については付論3より，

$$\frac{dx_1^{**}}{dI}=\frac{1}{|J|}\left(\frac{1}{c_1\gamma}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(\frac{1}{\gamma-1}\right)p_1^{\frac{2-\gamma}{\gamma-1}}\left[\frac{s}{2p_2}\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right.$$

$$\left.-\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)Y\right]$$

$$=\frac{1}{|J|}C_1\left(\frac{s}{2p_1}\frac{\partial x_2^D}{\partial I}-\frac{\partial x_1^D}{\partial I}Y\right).$$

ただし，$\frac{\partial x_1^D}{\partial I} = \frac{1}{2p_1} + \frac{\beta P}{2} exp(-\alpha ID)\alpha D$，$\frac{\partial x_2^D}{\partial I}\frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{2p_1} - \frac{\beta P}{2} exp(-\alpha ID)\alpha D$ である．

また財２については付論３より，

$$
\begin{aligned}
\frac{dx_2^{**}}{dI} = -\frac{p_1}{p_2}&\left\{\begin{matrix}\frac{1}{p_2}\left[\frac{I-p_2 s}{2p_1} + \frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right] \\ +\frac{s}{2p_1}\end{matrix}\right\}\frac{1}{|J|}\left[-X\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}\right.\right. \\
&\left.-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right) + \left(\frac{1}{2p_1} + \frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)-1)\Big] \\
&+\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)-1)\frac{1}{|J|}\left[-\left(\frac{1}{2p_1} + \frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)Y\right. \\
&\left.+\frac{s}{2p_2}\left(\frac{1}{2p_1} - \frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right] + \frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1} - \frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
= -\frac{1}{|J|}\frac{p_1}{p_2}\langle&\left\{\begin{matrix}\frac{1}{p_2}\left[\frac{I-p_2 s}{2p_1} + \frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right] \\ +\frac{s}{2p_1}\end{matrix}\right\}\left[-X\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1}\right.\right. \\
&\left.-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right) + \left(\frac{1}{2p_1} + \frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)-1)\Big] \\
&+\frac{1}{p_1}\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\left[\left(\frac{1}{2p_1} + \frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)Y\right. \\
&\left.-\frac{s}{2p_2}\left(\frac{1}{2p_1} - \frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right] \\
&-\left[XY - \frac{s\beta P}{4p_1 p_2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]\left(\frac{1}{2p_1} - \frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\rangle
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
= -\frac{1}{|J|}\frac{p_1}{p_2}\langle\frac{1}{p_2}&\left[\frac{I}{2p_1} + \frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]\left[-X\frac{p_1}{p_2}\left(\frac{1}{2p_1} - \frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right. \\
&\left.+\left(\frac{1}{2p_1} + \frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)-1)\right] \\
&+\frac{1}{p_1}\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\left(\frac{1}{2p_1} + \frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)Y \\
&-XY\left(\frac{1}{2p_1} - \frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\rangle
\end{aligned}
$$

$$= -\frac{1}{|J|}\frac{p_1}{p_2}\langle -X\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\left\{\frac{p_1}{{p_2}^2}\left[\frac{I}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]+Y\right\}$$

$$+\frac{1}{p_2}\left[\frac{I}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)$$

$$-1)+\frac{\beta P}{2p_1}(exp(-\alpha ID)-1)\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)Y\rangle.$$

Y についてまとめると，

$$= -\frac{1}{|J|}\frac{p_1}{p_2}\langle Y\begin{bmatrix}(-X)\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\\ +\frac{\beta P}{2p_1}(exp(-\alpha ID)-1)\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\end{bmatrix}$$

$$+(-X)\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\frac{p_1}{{p_2}^2}\left[\frac{I}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]$$

$$+\frac{1}{p_2}\left[\frac{I}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)$$

$$-1))\rangle$$

$$= -\frac{1}{|J|}\frac{p_1}{p_2}\langle(-X)\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\left\{Y+\frac{p_1}{{p_2}^2}\left[\frac{I}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]\right\}$$

$$+Y\frac{1}{2p_1}\beta P(exp(-\alpha ID)-1)\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)$$

$$+\frac{1}{p_2}\left[\frac{I}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\frac{\beta P}{2p_2}(exp(-\alpha ID)$$

$$-1))\rangle$$

$$= -\frac{1}{|J|}\frac{p_1}{p_2}\langle(-X)\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\left\{Y+\frac{p_1}{{p_2}^2}\left[\frac{I}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]\right\}$$

$$+\left\{\frac{Y}{p_1}+\frac{1}{{p_2}^2}\left[\frac{I}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\right]\right\}\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\left(\frac{1}{2p_1}\right.$$

$$\left.+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\rangle$$

$$=\frac{1}{|J|}\frac{p_1}{p_2}\left[\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2^{\frac{2-\delta}{\delta-1}}\right]\left[-X\left(\frac{1}{2p_1}-\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right.$$

$$\left.+\frac{\beta P}{2p_1}(exp(-\alpha ID)-1)\left(\frac{1}{2p_1}+\frac{\beta P}{2}exp(-\alpha ID)\alpha D\right)\right]$$

$$=\frac{1}{|J|}\frac{p_1}{p_2}C_2\left[-X\frac{p_2}{p_1}\frac{\partial x_2^D}{\partial I}+\frac{\beta P}{2p_1}(exp(-\alpha ID)-1)\frac{\partial x_1^D}{\partial I}\right].$$

ここで財 2 は下級財であり $\frac{\partial x_2^D}{\partial I}<0$ となることから，$\frac{dx_2^{**}}{dI}<0$ といえる．

また以上より，$p_1\frac{dx_1^{**}}{dI}+p_2\frac{dx_2^{**}}{dI}=\frac{1}{|J|}\left\{p_1C_1\left(\frac{s}{2p_1}\frac{\partial x_2^D}{\partial I}-\frac{\partial x_1^D}{\partial I}Y\right)+C_2\left[-Xp_2\frac{\partial x_2^D}{\partial I}+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)\frac{\partial x_1^D}{\partial I}\right]\right\}=\frac{1}{|J|}\left\{\frac{\partial x_2^D}{\partial I}\left(\frac{s}{2}C_1-p_2XC_2\right)+\frac{\partial x_1^D}{\partial I}\left[-p_1YC_1+\frac{\beta P}{2}(exp(-\alpha ID)-1)C_2\right]\right\}$ を得る．

5　ナッジによる需要の変化

付論 3 と $C_1=\left(\frac{1}{c_1\gamma}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(\frac{1}{\gamma-1}\right)p_1^{\frac{2-\gamma}{\gamma-1}}$，$C_2=\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2^{\frac{2-\delta}{\delta-1}}$ より，

$$\frac{dx_1^{**}}{ds}=\frac{1}{2p_1|J|}\left[\left(\frac{I+p_2s}{2{p_1}^2}\right)+X\right]\left(p_2Y+\frac{s}{2}\right)=\frac{1}{2p_1|J|}\left[-C_1\left(p_2Y+\frac{s}{2}\right)\right],$$

$$\frac{dx_2^{**}}{ds}=\frac{-1}{2p_2|J|}\left[\frac{1}{2p_1}\beta P(exp(-\alpha ID)-1)+X\right]\left[-\left(\frac{1}{c_2\delta}\right)^{\frac{1}{\delta-1}}\left(\frac{1}{\delta-1}\right)p_2^{\frac{1}{\delta-1}}\right]$$

$$=\frac{1}{2p_2|J|}\left[\frac{1}{2p_1}\beta P(exp(-\alpha ID)-1)+X\right]C_2.$$

よって，$p_1\frac{dx_1^{**}}{ds}+p_2\frac{dx_2^{**}}{ds}=\frac{1}{2|J|}\left\{-C_1\left(p_2Y+\frac{s}{2}\right)+C_2\left[\frac{\beta P}{2p_1}(exp(-\alpha ID)-1)+X\right]\right\}$ を得る．

6　最適なナッジに係る比較静学分析

(1)-(2)式より，

$$\frac{\partial s^{\circ}}{\partial I}=\frac{ds}{dI}=\frac{-1}{2\frac{dx_1^{**}}{ds}\left(\frac{dx_2^{**}}{ds}+1\right)+\lambda\left(p_1\frac{d^2x_1^{**}}{ds^2}+p_2\frac{d^2x_2^{**}}{ds^2}\right)}\left\{\frac{dx_1^{**}}{dI}+\frac{d(x_2^{**}+s)}{dI}\frac{dx_1^{**}}{ds}\right.$$

$$\left.+\left[\frac{dx_1^{**}}{dI}-\beta Pexp(-\alpha ID)\alpha D\right]\frac{dx_2^{**}}{ds}+\lambda\left(p_1\frac{d^2x_1^{**}}{dsdI}+p_2\frac{d^2x_2^{**}}{dsdI}\right)\right\}.$$

参考文献

Adler, Nancy E., Thomas Boyce, Margaret A. Chesney, Sheldon Cohen, Susan Folkman, Robert L. Kahn, and Leonard Syme, S. 1994. “Socioeconomic status and health: The challenge of the gradient.” *American Psychologist* 49(1): 15-24.

Allcott, Hunt. 2011. “Social norms and energy conservation.” *Journal of Public Economics* 95(9–10): 1082-1095.

Bewick, Bridgette M., Karen Trusler, Brendan Mulhern, Michael Barkham, and Andrew J. Hill. 2008. “The feasibility and effectiveness of a web-based personalised feedback and social norms alcohol intervention in UK university students: A randomised control trial.” *Addictive Behaviors* 33(9): 1192-1198.

Bronchetti, Erin Todd, David B. Huffman, and Ellen Magenheim. 2015. “Attention, intentions, and follow-through in preventive health behavior: Field experimental evidence on flu vaccination.” *Journal of Economic Behavior & Organization* 116: 270-291.

Cawley, John, and Christopher J. Ruhm. 2011. “Chapter Three - The Economics of Risky Health Behaviors.” *Handbook of Health Economics* 2: 95-199.

Case, Anne, Darren Lubotsky, and Christina Paxson. 2002. “Economic Status and Health in Childhood: The Origins of the Gradient.” *American Economic Review* 92(5): 1308-1334.

Case, Anne, Angela Fertig, and Christina Paxson. 2005. “The lasting impact of childhood health and circumstance.” *Journal of Health Economics* 24(2): 365-389.

Chan, David, and Jonathan Gruber. 2010. “How Sensitive Are Low Income Families to Health Plan Prices?” *American Economic Review* 100(2): 292-96.

Currie, Janet, and Mark Stabile. 2003. “Socioeconomic Status and Child Health: Why Is the Relationship Stronger for Older Children?” *American Economic Review* 93(5): 1813-1823.

Deaton, Angus S., and Christina H. Paxson. 1998. “Aging and Inequality in Income and Health.” American Economic Review 88(2) *Papers and Proceedings of the Hundred and Tenth Annual Meeting of the American Economic Association*: 248-253.

van Doorslaer, Eddy, Adam Wagstaff, Han Bleichrodt, Samuel Calonge, Ulf-G. Gerdtham, Michael Gerfin, José Geurts, Lorna Gross, Unto Häkkinen. Robert E. Leu, Owen O'Donell, Carol Propper. Frank Puffer, Marisol Rodríguez, Gun Sundberg, and Olaf Winkelhake. 1997. “Income-related inequalities in health: some international comparisons.” *Journal of Health Economics* 16(1): 93-112.

Frey, Bruno S., and Stephan Meier. 2004. “Social Comparisons and Pro-social Behavior: Testing "Conditional Cooperation" in a Field Experiment.” *American Economic Review* 94(5); 1717-1722.

Hallsworth, Michael, John A. List, Robert D. Metcalfe, and Ivo Vlaev. 2017. “The behavioralist as tax collector: Using natural field experiments to enhance tax compliance.” *Journal of Public Economics* 148: 14-31.

Ishihara, Takunori, Taro Tomizuka, Rei Goto, and Takanori Ida. 2019. “Nudging Physical Activity: A Randomized Controlled Field Experiment.” Discussion Paper No. E-19-009, Graduate School of Economics, Kyoto University.

Judah, Gaby, Robert Aunger, Wolf-Peter Schmidt, Susan Michie, Stewart Granger, and Val Curtis. 2009. “Experimental Pretesting of Hand-Washing Interventions in a Natural Setting.” *American Journal of Public Health* 99(S2): S405-S411.

Lapinski, Maria Knight, Erin K. Maloney, Mary Braz, and Hillary C. Shulman. 2013. “Testing the Effects of Social Norms and Behavioral Privacy on Hand Washing: a Field Experiment.” *Human Communication Research* 39(1): 21–46.

Meeker, Daniella, Jeffrey A. Linder, Craig R. Fox, et al. 2016. “Effect of Behavioral Interventions on Inappropriate Antibiotic Prescribing Among Primary Care Practices A Randomized Clinical Trial.” *JAMA* 315(6): 562-570.

Picone, Gabriel, Frank Sloan, and Donald Taylor Jr. 2004. “Effects of Risk and Time Preference and Expected Longevity on Demand for Medical Tests.” *Journal of Risk and Uncertainty* 28: 39–53.

Shang, Jen, and Rachel Croson. 2009. “A Field Experiment in Charitable Contribution: The Impact of Social Information on the Voluntary Provision of Public Goods.” *Economic Journal* 119(540): 1422–1439.

Smith, James P. 1999. “Healthy Bodies and Thick Wallets: The Dual Relation between Health and Economic Status.” *Journal of Economic Perspectives* 13(2): 145-166.

依田高典・石原卓典「金銭的インセンティブとナッジが健康増進に及ぼす効果：フィールド実験によるエビデンス」『行動経済学』第 11 巻　132–142　2018.

川畑輝子・武見ゆかり・林芙美・中村正和・山田　隆司「医療施設内コンビニエンスストアにおけるナッジを活用した食環境整備の試み」,『フードシステム研究』第 27 巻 4 号 226-231　2021.

佐々木周作・大竹文雄「医療現場の行動経済学：意思決定のバイアスとナッジ」『行動経済学』第 11 巻　110–120　2018.

佐々木宏樹「ナッジが有機農産物の購買行動に与える影響―オンラインによるランダム化フィールド実験からのエビデンス―」『農林水産政策研究』第 34 号　1-40　2021.

竹林正樹・吉池信男・竹林紅「ナッジを用いた職域用体重測定促進介入のプロセス評価」『日健教誌』第 29 巻第 2 号　173-181　2021.

松本裕史「若年女性におけるナッジを用いた階段利用促進：環境保全メッセージは有効

か？」『体育学研究』第 67 巻　319-327　2022.
森美奈子・上村浩・竹林正樹「社員食堂におけるナッジを活用した社会貢献の寄付つき健康メニュー選択の促進」『日健教誌』第 30 巻第 2 号　146-153　2022.

THE CONTENTS OF THIS ISSUE IS SUMMARIZED IN ENGLISH BELOW

The Effectiveness of Income and Nudge on Inter-temporal Utility Maximization -Cases Corresponding to Health Behavior-

Madoka OKIMOTO
Graduate School of Management and Information of Innovation, University of Shizuoka

Abstract:

There are many studies demonstrating the effectiveness of social norms and social comparison nudges in inducing behavior change, but evaluations of their effectiveness in the healthcare and health fields are mixed. This paper assumes an area where current behavioral costs and future benefits are in trade-off, such as the healthcare field, and explores a theoretical framework for income-focused adjustment of nudges to bring out desirable behaviors by reducing consumption of goods that may result in future inefficiency. As a result of the analysis, it was shown that in cases where the level of intervention by a nudge is low, the higher (lower) the income, the more the nudge intervention should be relaxed (strengthened).

Keywords: Nudge, Health Behavior, Healthcare and Health, Income, Consumption Choice