

意識の再呼型フロー循環/ストック蓄積モデル

日大生産工(非常勤) ○篠原 正明

情報システム研究所 篠原 健

1. はじめに

既存の意思決定論 AHP を主観的な感覚情報に基づき意思決定者の客観的な意識を決定するプロセスと捉え、広く社会で活用されてる AHP 理論のモデルを、固定入力を伴う再呼型のフロー循環/ストック蓄積モデルへと発展一般化した意識の数理モデルを提案する。実用的な AHP 理論に基づくので、意識に関する諸理論(例えば、NCC, FEP, IIT, GWT、など)と比較して理解が容易で、具体的に数値計算例を提供できる。本論文では、人間の広義情報処理サービスである意識を、情報通信サービスにおける再呼モデルと対応させ、意識はストック、感覚はフローと捉え、本源的意識の存在を仮定し、脳内にて意識主体が本来業務(何かの問題解決)を達成せんと幾度となく試行するプロセスを考察する。達成成功時は完了呼となり終了、しかし達成不成功時は不完了となり、未完了の本来業務を成就すべく再試行を繰り返し、本源的意識と合流し(意識と普通呼ぶ)総意識を構成する。再試行の繰り返しで蓄積するストックが意識で、そのストック(例えば項目重み)は感覚のフロー情報(例えば項目間一対比較値)に基づき、(例えば AHP での固有ベクトルを計算する反復代入計算により)評価できる。従来の AHP では一対比較フロー・主観情報から項目重みストック・客観情報を評価するが、提案する再呼型フロー循環/ストック蓄積モデルでは、「総意識=本源的意識+再試行意識」の本源的意識と言う外部入力・固定分を伴う再帰構造に基づき項目重みストックを評価する。ここで再試行意識の形成の前段の本来業務では、一対比較フロー・主観情報に基づき項目重みストックを形成する試みが行われている。また、外部入力・固定分である本源的意識は先入観や固定観念、更にはクオリア、を反映した項目重みストック・客観情報と考えられる。先入観でも項目重みベクトルに関するので一対比較行列に比べれば縮約された客観的情報である。2 章では、再呼モデルにおけるサービス系の完了特性 $y=f(x)$ に意識モデルで対応する無意識自我の認知完了特性 $y=f(x)$ を

説明する。意識モデルでは認知負荷を入力とし、完了認知を出力とする多入力多出力が本質的となるが、 $n=3$ の場合について具体的に数式定式化を説明する。3 章では意識モデルの一般定式化、4 章では均質モデルの図解、5 章では非線形認知入出力特性の下では、項目数 $n=2$ の 2 元モデルにおいて、複雑系特有の複数平衡点の存在などを数値計算例で示す。

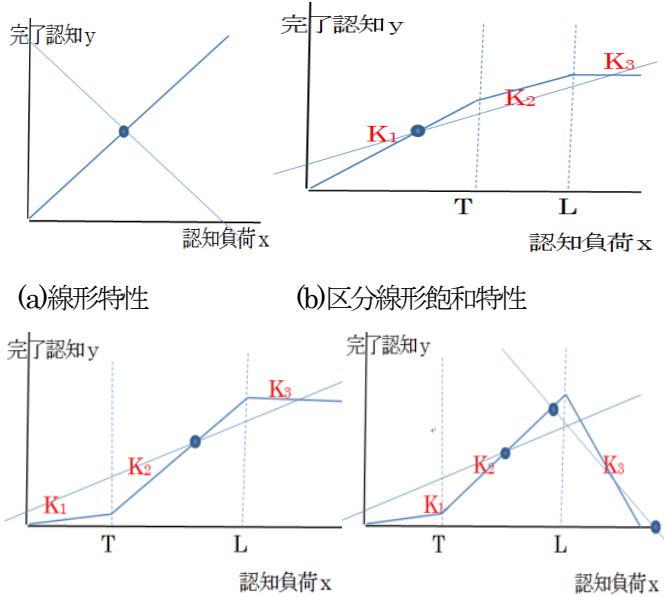
2. 無意識自我の認知完了特性 $y=f(x)$ の説明

再呼モデルにおいてサービス系の完了特性 $y=f(x)$ に対応するのが無意識自我の完了特性である。再呼を考慮しないサービス系単独での特性であり、意識モデルでは「無意識自我の認知完了特性」となる。項目数 n の項目を意識する n 元モデルでは、項目 k に加わる負荷を $x=\{x_k\}$ とすると、平衡状態で $x_k=\sum_j a_{kj}x_j/n$ (2.1) が成立し、これは項目 k の認知負荷 x_k が、項目 k の項目 j と比較した評価値 $a_{kj}x_j$ 、 n 個($j=1\sim n$)の算術平均値で与えられると主張する(最も基本的な完全情報の相互評価平衡を想定)。さて、サービス系単独の完了特性に相当する無意識自我の完了特性 $y=f(x)$ はどのような関数形になるか? n 元モデルなので本来は x と y 共に n 元縦ベクトルであるが、項目独立仮定と認知出力の均質性仮定により以下の簡潔表現(2.2)が可能となる。ここで下線表示により縦ベクトルを表す。 $y=f(x)=\{f_k(x)\}=\{f(x)}=\{f(x_k)\}$ (2.2) [説明]項目独立仮定から $y=f(x)=\{f_k(x)\}=\{f_k(x_k)\}$ 、均質性仮定から $y=f(x)=\{f_k(x)\}=\{f_k(x_k)\}=\{f(x_k)\}$ 、 $y_k=f(x_k)$ (2.3)となる。すなわち項目 k の認知負荷 x_k と完了認知 y_k を結びつける 1 入力 1 出力の 1 変数スカラー関数 $y=f(x)$ (2.4)を導入する。なお具体的に図 2.1 に示す 1 入力 1 出力関数 $y=f(x)$ では低入力刺激域での閾値、出力性能の飽和、出力性能の低下、等の特性を表現できる。ここで、「低入力域での閾値」とは入力がある閾値 T 以下では出力が抑制される特性を、「出力性能の低下」とは出力性能が飽和した後に入力増に伴い出力減となる特性である。具体的に $n=3$ の場合について定式化を説明する。 $y=f(x)=\{f_k(x)\}$ において $y^T=\{y_k\}^T=(y_1, y_2, y_3)$ で、 $y_k=f_k(x_1, x_2, x_3)=f(\sum_j a_{kj}x_j/n)$ (2.5)

ここで y_k は x_1, x_2, x_3 の 3 変数関数としては $f_k(x_1, x_2, x_3)$ と k 毎で異なるが、 $x_k = \sum_j a_{kj} x_j / n$ の 1 変数関数としては $f(x_k) = f(\sum_j a_{kj} x_j / n)$ としては同じを想定する(認知出力の均質性仮定)。この 1 変数スカラー関数 $y=f(x)$ を認知完了関数と呼び具体的に以下の区分線形折れ線関数を想定する。

$$\begin{aligned}
 y &= 0 & (x < 0) \\
 &= K_1 x & (0 \leq x < T) \\
 &= K_2(x-T) + TK_1 & (T \leq x < L) \\
 &= \max\{0, K_3(x-L) + K_2(L-T) + TK_1\} & (L \leq x) \quad (2.6)
 \end{aligned}$$

図 2.1(d) を例に説明する。加わる認知負荷入力が入力領域 ($x < 0$) では零出力、零以上・閾値 T 未満 ($0 \leq x < T$) では傾き K_1 の原点通過の線形特性、閾値以上・頂点(対応負荷) L 未満 ($T \leq x < L$) では傾き K_2 の区分線形特性、頂点以上 ($L \leq x$) の領域では傾きは非正 K_3 の区分線形特性、閾値未満では低出力を想定するので $0 \leq K_1 \leq K_2$ 、頂点以上 ($L \leq x$) の領域では性能低下特性を想定するので $K_3 \leq 0$ と設定、負値は許容せず (2.6) で $\max\{0, *\}$ と数式表現した。図 2.1(d) 以外に、完全線形特性(a)、飽和特性(b)、閾値+飽和特性(c)を図示する。



(a)線形特性 (b)区分線形飽和特性 (c)区分線形閾値+飽和特性 (d)区分線形閾値+性能低下特性

図 2.1 : 1 入力 1 出力の認知完了関数 $y=f(x)$ の例

3. 一般の意識モデル

再呼モデルとの対応関係に基づき、一般の非均質な意識モデルの平衡状態の定式化を以下に与える。

$$A_i = \lambda_i + R_i \quad (3.1)$$

$$B_i = g_i(A_i) = O(A_i) = O(\sum_j a_{ij} A_j / n) = A_i - f_i(A_i) \quad (3.2)$$

$$C_i = f_i(A_i) \quad (3.3) \quad R_i = \beta_i B_i \quad (3.4)$$

λ_i : 項目 i の本源的ストックで外部変数として所与(純需要

トラヒックに相当)、意識対象として n 個の項目 $i=1 \sim n$ を想定し、項目 i には認知負荷 A_i が加わる。項目 i の総認知負荷・総ストックで自分含めた n 他者からの評価の平均、 $\sum_j a_{ij} x_j / n$ (加わる総トラヒックに相当) であると同時に、項目 i の本源的ストック λ_i に溢れ意識 O の再呼 R_i が付加され、総意識に合流する。 $A_i = \lambda_i + R_i = \lambda_i + \beta_i B_i = \lambda_i + \beta_i (A_i - f_i(A_i))$

$$= \lambda_i + \beta_i O(\sum_j a_{ij} A_j / n) = \lambda_i + \beta_i ((\sum_j a_{ij} A_j / n) - f_i(\sum_j a_{ij} A_j / n)) \quad (3.5)$$

通信の再呼モデルでは、エンド-エンド間トラヒック特性の同質性を仮定すれば、スカラー変数(すなわち単元変数)でのモデル化が可能であったが、意識の再呼モデルでは、項目間の一対比較を考慮するので、多変数(すなわち多元変数)でのモデル化が不可避となる。(3.5)を整理して、

$$A_i = \lambda_i + \beta_i ((\sum_j a_{ij} A_j / n) - f_i(\sum_j a_{ij} A_j / n)) \quad i=1 \sim n \quad (3.6)$$

これは項目 i の認知負荷 $A_i (i=1 \sim n)$ を変数とする非線形連立方程式であり、非線形性ゆえに複数の平衡点解を持つ可能性がある。通信の再呼モデルでは総負荷をまとめて単変数としての解釈ができたが、一対比較に基づく意識モデルでは多変数が本質的であり、デカルト座標 (X, Y) 上での幾何学的解釈は一般的には難しい。そこで、次の 4 章では $A_i = A$ となる均質モデルについて平衡点解の図的・幾何学的解釈を考察する。

4. 均質モデルの図解数値例

全ての対 (i, j) について一対比較値 $a_{ij} = 1$ で、更に $\lambda_i = \lambda$ 、 $\beta_i = \beta$ 、 $f_i = f$ では、 $A_i = A (i=1 \sim n)$ の均質(homogeneous)モデルとなり、従って(3.6)は(4.1)に帰着する。

$$A = \lambda + \beta (A - f(A)) = \lambda + \beta O(A) \quad (4.1) \quad \text{但し } O(x) = x - f(x)$$

(4.2) 溢れ overflow 特性、 $A \Rightarrow x$ として単変数非線形方程式 (4.3) に帰着： $x = \lambda + \beta O(x) = \lambda + \beta (x - f(x))$ (4.3)、すなわち、完了特性 $y=f(x)$ (4.4) と意識直線 $y = ((\beta - 1) / \beta)x + \lambda / \beta$ (4.5) の交点がシステムの動作平衡点となり、再呼モデルと同じ枠組みで議論できる。なお意識直線の x 切片 $= \lambda / (1 - \beta)$ (4.6)、 y 切片 $= \lambda / \beta$ (4.7) である。次に完了特性 $y=f(x)$ と意識直線との交点の図的解釈に基づき図 2.1(a)線形(b)飽和(c)閾値+飽和(d)閾値+性能低下の 4 つの特性について、受動意識と能動意識に分けて、以下に考察する。ここで受動意識とは再呼率 β が 1 未満 ($0 \leq \beta < 1$) で、電話再呼で言えば話中遭遇ユーザーが同じ意図の電話を再び掛ける確率=再呼率 β が 1 未満の場合に相当する。長い目で見れば注目ユーザーは、接続が成功するか、何時かは起呼を放棄する事になる。能動意識とは再呼率 β が 1 以上 ($1 \leq \beta$) で、同じ意図の電話起呼を複数 β 回行う場合で、友人に起呼を依頼したり、他ユーザーの起呼を誘

発する場合に相当する。

□受動意識： $0 \leq \beta < 1$ …(a)線形(b)飽和(c)閾値+飽和では交点は1つで安定な平衡点、(d)閾値+性能低下では高々3つの交点を持ち得る(図 2.1(d))。通信の再呼現象と同じ構造である。

□能動意識： $1 \leq \beta$ …(a)線形では交点は1つで安定点、(b)飽和(c)閾値+飽和(d)閾値+性能低下では高々2つの交点を持ち得る(図 2.1(b),(c),(d))。但し、●は安定点である。

【図解数値例】 図 4.1 に示す性能低下の完了特性を持つ均質モデルの意識系において、意識完了関数 $y=f(x)$ と意識直線 $y=((\beta-1)/\beta)x + \lambda/\beta$ の交点を、デカルト座標 (X, Y) 上で幾何的作図により確認する。この完了特性(太線) $y=f(x)$ は図 2.1(d) において、閾値 $T=0$ 、頂点对応負荷 $L=0.5$ 、傾き $K_2=1$ 、傾き $K_3=10$ とした。完了関数 $y=f(x)$ は様々な再呼率(増倍率) β の意識直線($\lambda=0.4$ に固定)と交点を持つ。

◆受動意識($0 \leq \beta < 1$)の $\beta=0.6$ では3つの交点を持つが、真ん中 Q は不安定で、両脇 P と R が安定点である。 P は通常負荷で良好処理状態 R は過負荷で零完了輻輳状態である。

$\beta=0.6$ では $P(0.4, 0.4)$ と $R(1, 0)$ で安定点、

$\beta=0.3$ では $P(0.4, 0.4)$ と $R(4/7 \approx 0.57, 0)$ で安定点、

$\beta=0.9$ では $P(0.4, 0.4)$ と $R(4, 0)$ で安定点を持つ事が図 4.1 において図的求解できる。ここで横軸 X は認知負荷 $x=A$ 、縦軸 Y は完了認知 $y=C=f(x)=f(A)$ である。

◆能動意識($1 \leq \beta$)の $\beta=2$ では2つの交点を持つが、 $P(0.4, 0.4)$ のみが安定点である。 $\beta=1.1$ と 3 でも同様である。

$\beta=1$ では意識直線(一点鎖線)は水平線となり、2つの交点を持つが、安定点は $P(0.4, 0.4)$ 、1つである。なお本例の完了関数 $y=f(x)$ は頂点对応負荷 $L=0.5$ 以下の領域で、非閉塞で100%完了する特殊例なので、全ての非負 β ($0 \leq \beta$) の意識直線と同じ安定動作点 $P(0.4, 0.4)$ を持つ。

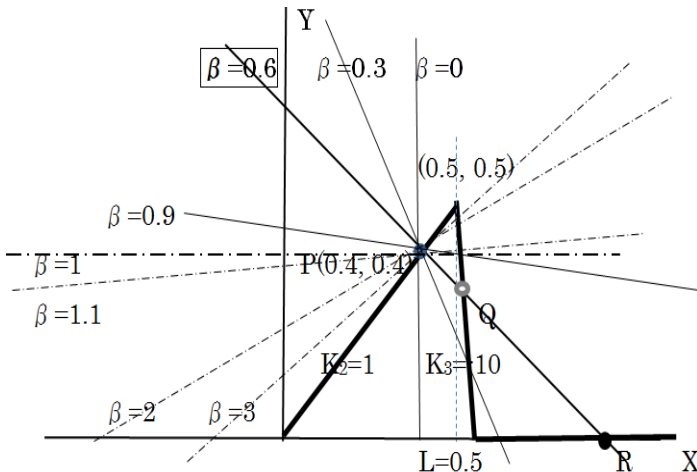


図 4.1:均質モデルでの図解(横軸 X は認知負荷、縦軸 Y は完了認知)

5. 数値計算例

4 章では均質モデルを想定し、デカルト座標上での図解を考察した。本 5 章では非線形連立方程式(3.6)を数値計算により直接に求解する。数値計算アルゴリズムとしては、実装が容易な単純反復代入法を採用する。まず 5.1 節では 2 元均質モデルについて、4 章の図解数値結果を確認する。

5.1 2 元均質(homogeneous)モデル($a_{ij}=1$)

4 章の図解数値例と同じ設定下($\lambda=0.4, T=0, L=0.5, K_2=1, K_3=10$)で、非線形方程式(3.6)を単純反復代入法で求解する。

【数値計算例 1】 $\beta=0.6$ 初期値を $(X_1, X_2)=(0,0)$ とすると、直に $(X_1, X_2)=(0.4, 0.4)$ に、初期値を $(X_1, X_2)=(1,1)$ とすると、直に $(X_1, X_2)=(1,1)$ に収束し、4 章図解での 2 つの安定点 P と R を得る。但し、 X_i は項目 i の認知負荷($i=1,2$)である。なお、様々な初期値を試すが、不安定点 Q には収束しない。安定点 P と R では反復代入が縮小写像で、数値計算上も収束する。

【数値計算例 2】 $\beta=0.9$ 初期値を $(X_1, X_2)=(0,0)$ とすると、直に $(X_1, X_2)=(0.4, 0.4)$ に、初期値を $(X_1, X_2)=(1,1)$ とすると、40 回以上の膨大な反復後に $(X_1, X_2)=(4,4)$ に収束した。

【数値計算例 3】 $\beta=2$

初期値を $(X_1, X_2)=(0,0)$ とすると、直に $(X_1, X_2)=(0.4, 0.4)$ に収束するが、初期値を $(X_1, X_2)=(1,1)$ とすると発散し、収束しない。

◆以上の計算例 1~3 において、4 章図解での安定点には縮小写像を構成し、適切に初期値を選ぶと数値計算上も収束し、図解と計算値は一致することを確認した。

5.2 2 元異質(heterogeneous)モデル

前節 5.1 の均質モデルでは 2×2 の比較行列 $\{a_{ij}\}$ の全要素が 1 としたが、本 5.2 節では対角要素 $a_{ii}=1$ と逆比性 $a_{12} \times a_{21}=1$ は保持し、(1, 2)要素 a_{12} を変化する。その他の設定($\lambda=0.4, \beta=0.6, T=0, L=0.5, K_2=1, K_3=10$)は同じ。

【数値計算例 4】 $a_{12}=2, a_{21}=1/2$

初期値を $(X_1, X_2)=(0,0)$ で、10 回程度で $(X_1, X_2)=(0.914, 0.4)$ に、初期値を $(X_1, X_2)=(1,1)$ で、直に $(X_1, X_2)=(1.3, 0.85)$ に収束した。 $a_{12}=2, a_{21}=1/2$ なので $X_1:X_2=2:1$ に収束しそうだが、本源的意識 $\lambda=0.4$ という固定観念バイアスで若干ずれる。

平衡状態の詳細を検算:仮に前者を小均衡、後者を大均衡と呼ぼう。小均衡:項目 1 の認知負荷荷重は 0.914、項目 2 の認知負荷荷重は 0.4 である。項目 1 の更新荷重は、

$(A_1+a_{12}A_2)/2=(0.914+2 \times 0.4)/2=0.857$ が加わり全部溢れ、新たにその $\beta=0.6$ に外部 $\lambda_1=0.4$ が加わる、溢れ $0.857 \times$

0.6+0.4=0.914、項目2の更新荷重は、 $(a_{21}A_1+A_2)/2=(0.5 \times 0.914+0.4)/2=0.428$ が加わり全部完了、零溢れなので、新たにその $\beta=0.6$ に外部 $\lambda_2=0.4$ が加わる、 $0 \times 0.6+0.4=0.4$ 、と平衡状態を確認できる。**【大均衡】**:項目1の認知負荷荷重は1.3、項目2の認知負荷荷重は0.85である。項目1の更新荷重は、 $(A_1+a_{12}A_2)/2=(1.3+2 \times 0.85)/2=1.5$ が加わり全部溢れ、新たにその $\beta=0.6$ に外部 $\lambda_1=0.4$ が加わる、溢れ $1.5 \times 0.6+0.4=1.3$ 、項目2の更新荷重は、 $(a_{21}A_1+A_2)/2=(0.5 \times 1.3+0.85)/2=0.75$ が加わり全部溢れ、新たにその $\beta=0.6$ に外部 $\lambda_2=0.4$ が加わる、 $0.75 \times 0.6+0.4=0.85$ 、と平衡状態を確認できる。

【数値計算例5】 $a_{12}=3$ 、 $a_{21}=1/3$

初期値を $(X_1, X_2)=(0,0)$ で、10回程度で $(X_1, X_2)=(1.086, 0.4)$ に、初期値を $(X_1, X_2)=(1,1)$ で、直に $(X_1, X_2)=(1.6, 0.8)$ に収束した。

【数値計算例6】 $a_{12}=10$ 、 $a_{21}=1/10$

初期値を $(X_1, X_2)=(0,0)$ で、10回程度で $(X_1, X_2)=(2.29, 0.4)$ に、初期値を $(X_1, X_2)=(1,1)$ で、直に $(X_1, X_2)=(3.7, 0.73)$ に収束した。一対比較値 a_{12} が増加するに従い、認知負荷も増加する。すなわち認知対象がバラエティに富むほど認知負荷が、そしてストレスも増える。皆同じで項目間に格差が無ければ、認知負荷は最小となる。

6. おわりに

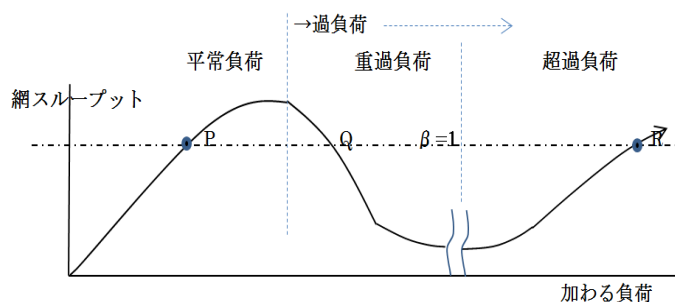
意識をストック、感覚をフローとし、ある階層に注目して意識の数理モデルを考察した。意識全体の構造は階層的か、ネットワーク的なのか等、その解明、2元モデルを右脳・左脳と対応させ小均衡と大均衡が交差して生じる可能性の数値検証、などは今後の課題とする。

付録:意識の過負荷電話網とのアナロジー

電話網と脳が進化する初期段階において、効率向上機能として再呼、待時、迂回が両者に備わり、再呼が意識へ、待時と迂回がNN(神経網)へと進化した。20世紀では電話を中心とした通信網技術が実用化され、地球規模で人々の意識が相互交流、Communication=コム=通信、を開始した特別な時期だった。この黎明～成長期での電話通信網と人類の脳・意識の進化を対比すると、両者の間にはある種の類似性が認められる。通信網のハードが通信網本体で脳に、通信網のソフトがコム=通信で、再呼が意識に、待時と迂回が記憶と思考に対応する。以下では、機能が比較的単純なこの時期の電話網での過負荷～超過負荷現象に焦点を当て、意識誕生を考察する。ここで網形態としては、人工の規則的な高階位網①と生物自然界のNNと同様のスモールワールド的な低階位網②

を想定し、比較考察する。付図1にノード転換無し高階位網①で階層ルーチング採用下の負荷特性を示す。交換ノードでの無効処理の影響を無視し、重過負荷時の無駄な拡大迂回ルーチングによる性能低下現象、更に更に負荷を増加した超過負荷時の第一方路・直通ルーチング効果による性能回復現象を概略表現する。性能回復現象の理由;第一試行方路として直通リンクが指定されてると、重過負荷時は無駄な拡大迂回により性能は低下するが、基幹独立リンクでも非基幹従属リンクでも全リンクにて、更に負荷が一様全域増加する超過負荷では、直通呼の疎通が相対的に優越する結果、回復する。この超過負荷の下のスループットの回復現象は低階位網②に属する脳内NNにおいても、超過負荷の下では深層ルーチング Deep Routing とでも呼ぶべき、実効的な第1試行ルートが自然発生的に自己組織化される結果と考えられる。すなわち、人工の初期の電話網では第一方路・直通リンクを考慮して回線数・網設計を行う訳だが、超過負荷下ではヒト脳内NNではそれが実効的な直通リンク連鎖群として自己組織化される。結果として、付図1に示す波打つ負荷特性となるが、これは創造的破壊で見られた生産関数の特徴と同じである。ここで意識集中・瞑想状態(感染症ではエンデミック)に対応する $\beta=1$ を考えると、意識直線(一点鎖線)は水平線となり、3つの交点を持つが、PとRが安定点である。鏡なくして自分の眼で自分の眼が見えないように、我々が意識する意識状態はPではなくRである、と考える。お犬様では交点Pのみで意識保持の意識が希薄である。デカルトの『我1思う(主観)ゆえに我2あり(客観)』において、我1は主体としての我Pで、我2は客体としての我Rである。複数(2つ)の我が相互に比較評価する。お犬様では主客分離がなされておらず、従って、可愛らしく、忠犬でもあり得る。意識を平衡点と考えれば、複数の意識、我、システム1,2,3等、となる。

我思う、が?、小首を傾げる、お犬様・我2が見つからず。
我思う、故に我あり、人間様・我2、我3、…と進化するか。



付図1 ノード転換無しモデルでの負荷特性