

認知対応モデルと不可知との関係性に関する考察

Study in Relationships between Recognition Correspondence Models and Unawareness

多田 由彦[†]
Yoshihiko Tada

[†] 中央大学
Chuo University
yoshihiko.tada.4@gmail.com

概要

本稿はサブプライムローン金融危機が発生したにもかかわらずそれに気づくことができなかった人々やCOVID-19に感染したにもかかわらず症状が出なかったためにそれに気づくことができなかった人々の認知的状況を表す数理モデルの提案を行う。通常、状態空間を用いた議論では可能性対応を用いて知識を表現するが、可能性対応のモデルでは「気づいていない」を表すことが難しい。そこで本稿は新たに認知対応のモデルを提案し「気づいていない」を表現することを試みた。我々が検討しようとしている「気づいていない」は不可知の議論とも密接に関係があるので認知対応モデルに基づいた不可知の数理的特徴づけについても検討を行った。

キーワード：可能性対応 (possibility correspondence), 認知対応 (recognition correspondence), 不知/不可知 (unawareness).

1. はじめに

2007年に顕在化したアメリカのサブプライムローン金融危機は2008年のリーマンショックをはじめとするその後の世界的な金融恐慌の引き金になっていることは後世では理解されている。しかし、サブプライムローン金融危機に直面した当時、それが世界規模の金融恐慌を引き起こすシグナルであると理解できている人は多くなかった。そのため、世界規模の金融恐慌に備えた意思決定を行えた人も多くはなかった。またCOVID-19は一部の人々に感染しても症状が出ないケースが存在し、COVID-19に感染しても感染したことに気づかれないことが起こりうる。

サブプライムローン危機やCOVID-19の無症状感染のように、何か起きたにもかかわらず、実際に何か起きたことに気づかれないケースは多々ある。本稿はこのようなケースをどのように数理的に表現するのかについて検討する。

サブプライムローンを例に挙げ、上のようなケースをどのように表現すれば良いのか検討しよう。まず、次の3つの状態 (state) について考える。

ω_1 : サブプライムローン金融危機が発生し、その後世界規模の金融恐慌が到来する。そのことがメディアで大々的に報じられた。

ω_2 : サブプライムローン金融危機が発生し、その後世界規模の金融恐慌が到来する。ただしメディアでは大々的に報じられなかった。

ω_3 : サブプライムローン金融危機は発生せず、金融市場は安定している。

ここで、あるトレーダーは ω_2 と ω_3 を認識できていないものと仮定しよう。すなわち、サブプライムローン危機が発生したとしてもメディアで大々的に報じられなかったり、サブプライムローンが発生しなかった場合は、サブプライムローンに関連する経済的な事実に関して何も気づいていない、あるいは認識できていないものと仮定する。例えば、アメリカの金融市場に一切関心を払わない労働者やあるいはアメリカの金融市場に関するニュースを積極的に見ない人々を想定してみよう。こうした人々はアメリカでサブプライムローン金融危機が発生していたとしても、その手の情報を入手する機会には恵まれないし、あるいは意識的に見たり記憶したりしないだろう。そうした人々は「今まさにアメリカでサブプライムローン金融危機が起きている」ことに気づかないし、「将来世界規模の金融危機が到来する」ことにも気づくことができない。このような認知的枠組みを持つトレーダーの存在を仮定する。

これらのケースを表現する1つの方法としては、可能性対応 (possibility correspondence) を用いる方法がある。可能性対応 P はある状態が実際に真であることが可能であるかどうかを表す関数である。例えば ω_1 が実際に起きたとする。この時、 $P(\omega_1)$ と記す。ここで $P(\omega_1) = \{\omega_1\}$ と記したとき、「 ω_1 が実際に起きた時、トレーダーは ω_1 が実際に起きた可能性があると考えている」と解釈する。同時にトレーダーは「 ω_2 と ω_3 が実際に起きた可能性はないと考えている」と解釈する。

では、「 ω_2 や ω_3 が実際に起きた」ことに気づいていない状況を可能性対応を用いて表せるだろうか？これは可能性対応を「ある状態が実際に真であることが可能であるかどうかを表す関数」である限り難しいと言わざるを得ない。

例えば、 $P(\omega_2) = P(\omega_3) = \{\omega_2, \omega_3\}$ としてみよう。これは ω_2 もしくは ω_3 が実際に起きており、トレーダーは「 ω_2 と ω_3 のどちらかが真の状態である可能性がある」と考えている。この時、トレーダーは ω_2 と ω_3 のどちらが起きたのかは分からない。しかしどちらかが起きたことは認識しており、「 ω_2 や ω_3 が実際に起きた」ことに気づいていない状況を表しているわけではない。

続いて、 $P(\omega_2) = P(\omega_3) = \{\omega_3\}$ と記してみよう。これは非分割的と呼ばれる状況であるが、ここで ω_2 が真の状態であった場合、トレーダーは「 ω_3 が真の状態である可能性がある」と考えると同時に「 ω_1 と ω_2 は真の状態である可能性はない」と考えている。一見すると ω_2 の可能性について認識していないことを表現できているように見えるかもしれないが、しかしこれはあくまでトレーダーが ω_2 を ω_3 と誤認識してしまっていることを表しているだけであり、 ω_2 という状態の“存在自体”を認識できていることを表している、「サブプライムローン金融危機の発生に気づかない」を表現できているとは言い難い。

最後に、 $P(\omega_2) = P(\omega_3) = \emptyset$ と記してみよう。この場合、一見すると ω_2 と ω_3 を認識できていないことを表現できているように見えるかもしれない。しかしながら実際は「 ω_1 も ω_2 も ω_3 も真の状態である可能性はない」とトレーダーは考えており、やはり「サブプライムローン金融危機の発生に気づかない」を表現できているとは言い難い。

以上の例から可能性対応 P を用いて「ある状態が発生したことに気づいていない」ことを表現することには限界があることがわかる。

そこで本稿は「ある状態が発生したことに気づいていない」ことを表現するために数理的には可能性対応 P に似ているが、解釈を変えた関数として認知対応 (recognition correspondence) のモデルを提案する。認知対応 R は次のように解釈する。例えば、 $R(\omega_1) = \{\omega_1\}$, $R(\omega_2) = R(\omega_3) = \emptyset$ と記したとしよう。この時、もし ω_1 が起きたならばトレーダーは ω_1 が発生したかもしれないことを認知していると解釈し、もし ω_2 もしくは ω_3 が起きたならばトレーダーは何か

発生したことに何も気づいていないと解釈する。

数理的には可能性対応 P を用いたときの $P(\omega_1) = \{\omega_1\}$, $P(\omega_2) = P(\omega_3) = \emptyset$ に対応しているかもしれないが、サブプライムローン金融危機の例で確認した通り、可能性対応 P は空集合と組み合わせたとしてもあくまである状態が可能であるか否かを主体が考えている状況を記しているのみであり、認知できているかどうかと解釈して表すことは難しい。本稿で提案する認知対応 R は空集合と組み合わせることで認知できていないことを表すモデルとなっている。

本稿が想定している「気づいていない」という概念は Fagin and Halpern (1988) や Modica and Rustichini (1994) が検討してきた “unawareness” と密接に関連がある。“unawareness” は次の2通りの解釈がある。1つは「知識の欠落」としての “unawareness” であり、ある事象について「知らない」だけでなく、自分がそのことについて「知らないことも知らない」ことを含めている。もう1つは「概念の欠落」としての “unawareness” であり、そもそも概念として認識できていないために、知ることができていない状態を表す。「概念の欠落」としての “unawareness” の例としては、コレラ菌などのように科学的に発見される前の病原菌が例として挙げられる。病原菌自体は科学的に発見される前から存在しているが、それを明確に認識できるようになったのは科学的に発見された後である。先行研究ではそれぞれの解釈に応じて “unawareness” をモデル化しているが、本稿では「知識の欠落」のアプローチから “unawareness” のモデルについて検討する。また、本稿では “unawareness” を「不可知」と翻訳した上で、認知対応と不可知とを結びつけた議論もあわせて提供する。

2. 準備

まずペア $\langle \Omega, R \rangle$ を用意する。 Ω は状態空間であり、様々な状態 ω の集合である。 $R: \Omega \rightarrow 2^\Omega$ は認知対応である。ある ω を与えた時、 $R(\omega)$ と記し、 $\omega' \in R(\omega)$ が成立すると仮定する。この時は「主体は ω' を認知できている」と解釈する。ここで「認知できている」あるいは「認識できている」というのは、「関連するシグナルや情報を入手できている」という意味合いで使っている。例えば、風邪などは発熱や腹痛などが風邪に関わるシグナルとして発信され、人々はそれを「認識」する (受け取る) ことで自分が風邪をひいていること

を把握する.

対して, $R(\omega) = \emptyset$ となる場合は, 「主体は何も認知できていない」と解釈する. 例えば COVID-19 の無症状感染のように発熱や腹痛など目に見えてわかる, あるいは感じ取ることができるシグナルが発信されなかった場合は, 自分が COVID-19 を発症していることに気づくことはない.

認知対応 R について考えられる性質としては以下の3つが挙げられる.

R0 (直列性, Seriality) すべての ω に対して, $R(\omega) \neq \emptyset$.

R1 (反射性, Reflexivity) すべての ω に対して, $\omega \in R(\omega)$.

R2 (推移性, Transitivity) すべての ω, ω' に対して, $\omega' \in R(\omega)$ ならば $R(\omega') = R(\omega)$.

以上の性質は可能性対応でも見られるものである. しかしながら本稿は「気づいていない」ことを検討したいわけであるから, R0 と R1 の仮定を緩めたい. そこで, これらの仮定を緩めたものとして, 次の2つの性質を提案する.

R1Wa (弱反射性 a) すべての ω に対して, $R(\omega) \neq \emptyset$ ならば $\omega \in R(\omega)$.

R1Wb (弱反射性 b) すべての ω に対して, もし $\omega \in R(\omega')$ を満たすような ω' が存在するならば, $\omega \in R(\omega)$.

これらの準備によって我々はある状態を認知できているか否かを表現することが可能となった.

続いて「気づいていない」ことを表す不可知を表現するための準備を行う. まず知識演算子 $K: 2^\Omega \rightarrow 2^\Omega$ を用意する. ここである事象 $E \subseteq \Omega$ を与えた時, $K(E)$ は「主体は事象 E を知っている」と解釈する. また $\neg K(E) = \Omega \setminus K(E)$ と記したときは, 「主体は事象 E を知らない」と解釈する. ここで知識演算子 K を次のように定義する.

$$\begin{cases} \omega \in K(E) \text{ if } R(\omega) \subseteq E \text{ and } R(\omega) \neq \emptyset; \text{ and} \\ \omega \notin K(E) \text{ otherwise.} \end{cases}$$

ここでポイントなのは通常の知識演算子と異なり, ω を与えた時に $K(E)$ が成立するための条件は $R(\omega) \subseteq E$ が成立するだけでなく, $R(\omega) \neq \emptyset$ が成立することも含まれていることである. すなわち, 主体

は ω を与えられたときは「何かしら」を認知できていなければ事象 E を知ることはできないものと考えるのである. この定義は「気づいていない」を考える上では妥当な定義であると考えられる.

この時, 知識演算子 K は次の性質が成立する.

定理 1 知識演算子 K は以下の性質を満たす.

- 一般化必然性 (Generalized Necessitation) R0 が成立するならば, かつその時に限り $K(\Omega) = \Omega$.
- 単調性 (Monotonicity) $E \subseteq F$ が成り立つならば, $K(E) \subseteq K(F)$.

可能性対応のモデルにおいて必然性は直列性を満たさない状況でも常に成り立つものであるが, 認知対応モデルにおいて必然性が成り立つ必要十分条件は直列性が成り立つことを求めている. その一方で単調性は可能性対応のモデルと同様に常に成立する.

3. 主要結果

続いて不可知について考える. 不可知演算子 $U: 2^\Omega \rightarrow 2^\Omega$ を用意する. ある事象 E に対して $U(E)$ と記した場合は, 「主体は事象 E に気づいていない」と解釈する. 対して $\neg U(E) = \Omega \setminus U(E)$ と記したときは, 「主体は事象 E に気づいている」と解釈する.

不可知演算子について Dekel, Lipman, and Rustichini (1998) が提案した以下の3つの性質を考えよう.

U1 (妥当性, Plausibility) $U(E) \subseteq \neg K^*(E) \cap \neg K^* \neg K^*(E)$.

U2 (KU 内省, KU Introspection) $K^*U(E) = \emptyset$.

U3 (AU 内省, AU Introspection) $U(E) \subseteq UU(E)$.

この3つの性質から以下の定理が導かれる.

定理 2 U が U1, U2, U3 を満たすものと仮定する. このとき,

- (一般化無意味性, Generalized Triviality) R0 が成立するならば, すべての E に対して $U(E) = \emptyset$.
- (誘導性, Unawareness Leads to Ignorance) すべての E, F に対して $U(E) \subseteq \neg K(F)$.

定理 2 は Dekel, Lipman, and Rustichini (1998) の不可

能性定理を一般化したものである。一般化無意味性について焦点を当てよう。これは直列性が成り立つもとでは主体はすべての事象について気づいていることを意味している。すなわち不可知を意味のある形で表現することはできないことを意味する。しかし直列性が成立しない場合には、気づいていない事象が存在することになるので、我々は不可知を意味のある形で表現することは可能となる。

誘導性については常に成り立つ。これはある事象について気づいていないとき、すべての事象について知らないことを意味する。この性質が成立することは果たして意味のあることであるのかどうかについては議論の余地がある。Tada (2025) では誘導性は適切な性質ではないことを指摘した。例えば、もしサブプライムローン金融危機の発生についてトレーダーは気づくことができなかった場合は、金融市場の動向について何も知らないだけでなく、今日食べた朝ご飯やドアの開け方などありとあらゆることについて気づいていないことを意味している。このような観点で考えると誘導性が成立することは意味のないように見える。しかしながら、サブプライムローン金融危機に限定して議論した場合、サブプライムローン金融危機の発生に気づいていないトレーダーは市場がどのような状態に置かれているのか認知することができていないわけであるから、金融市場の動向について何も知らないことは決しておかしいことではないだろう。このとき、わざわざ今日の朝ごはんに何を食べたかや、ドアノブをどう回せばいいのかなどの知識についてはわざわざ考える必要はないはずである。このような観点で考えた場合、誘導性は無意味な性質であるとは言い難い。これらの点については今後も議論が必要であろう。

4. 結論

本稿は可能性対応モデルでは限界のあった「気づいてない」ことを表現することについて、認知対応モデルを用いることで表現を可能とした。我々の認知対応モデルを意思決定理論やゲーム理論に導入することでどのようなことが言えるようになるのかについて今後の課題として検討していきたい。

また、気づかない状態から気づくようになるという気づきのダイナミックなプロセスについて本モデルが適用可能なフレームワークとなっているのかどうか検

討する必要があるだろう。この点についても今後の研究課題としたい。

謝辞

本稿を執筆するにあたって福田慧氏, Bart Lipman 氏, Spyros Galanis 氏のコメントは大変有意義であった。彼らに対して謝意を述べる。また 2025 年度日本認知科学会第42回大会申込にあたって2名の匿名の査読者から頂いたコメントは大変参考になった。併せて彼らに謝意を述べる。

文献

- Dekel, Eddie, Barton L. Lipman, and Aldo Rustichini (1998), “Standard State-Space Models Preclude Unawareness”, *Econometrica*, 66, 159-173.
- Fagin, Ronald, and Joseph Y. Halpern (1988), “Belief, Awareness, and Limited Reasoning”, *Artificial Intelligence*, 34, 39-76.
- Modica, Salvatore, and Aldo Rustichini (1994), “Awareness and Partitional Information Structures”, *Theory and Decision*, 37, 107-124.
- Tada, Yoshihiko (2025), “Revisiting and Relaxing the Property that Unawareness Leads to Ignorance”, available at SSRN.