

主体の限定合理性とプロセス記述的土木計画： 転換期における土木計画へのインプリテーション

中山 晶一朗¹

¹正会員 金沢大学准教授 環境デザイン学系（〒920-1192 金沢市角間町）
E-mail: snakayama@t.kanazawa-u.ac.jp

土木計画学の対象物は人間がかかわるシステムである。人間の行動をどのように取り扱うか、さらにはどのような人間行動を前提とするのかが決定的に重要となるであろう。サイモンの限定合理性の概念は人間行動の捉え方に大きな影響を与えてきた。本稿では、サイモンの限定合理性を足がかりに、人間行動が集積したシステムの捉え方を考察する。そして、完全合理性の仮定からは導かれる状態記述的にシステムを捉えることになる一方、限定合理性の前提からは、プロセス記述的に様々なシステムを捉える必要があることを明らかにする。そして、土木計画に対するプロセス記述的計画論の可能性について検討する。

Key Words : *transportation reliability, value of reliability, variation of flows*

1. はじめに

土木計画学は半世紀弱の間に急速に進歩し、これまでに土木計画学が果たしてきた役割は極めて大きなものがある。今日、土木計画学が対象とするものは広範に広がり、また、土木計画学が誕生した時代から、社会状況は大きく変化している。土木計画学が前提としてきたものを再検討する必要性が生まれてきていると考えられる。

土木計画学は、システム論を前提に学問体系が構築されていると思われる。対象をシステムと捉え、目的・手段の観点から、最適な代替案を選ぶことが基本になっていると言えよう。土木計画学の対象は複雑なもので、それをシステムと捉える。つまり、いくつかの要素から構築されるシステム、逆に言うと、複雑な対象を階層化により、互いに関係し合う単純な要素の構成体と捉えることで、取り扱い可能なものとするという考え方と言えよう。

近年、旧来のシステム論的なシステムの捉え方では捉えられないシステムが注目されている。複雑系がそれである。本研究では、土木計画学が前提としてきたシステム論的前提を再検討することを目的とする。

土木計画学の対象物は人間がかかわるシステムである。人間の行動をどのように取り扱うか、さらにはどのような人間行動を前提とするのかが決定的に重要である。サイモンの限定合理性の概念は人間行動の捉え

方に大きな影響を与えてきた。そして、その考え方は単に個々の人間行動のモデル化にとどまらず、多数の人間の集合のシステム自体の捉え方までも導くものである。本研究では、まず、サイモンの限定合理性を認知倫理学の知見も踏まえてその妥当性や意義などを再考する。そして、それに基づくシステムの捉え方がどのようなものかを考察する。さらに、転換期における土木計画へのインプリテーションとしてのプロセス記述的土木計画の重要性について考察する。

2. 限定合理性と手続合理性

(1) サイモンによる限定合理性

サイモンは限定合理性を考える上で、最も重要な人物である。限定合理性に関する基本的な考え方はサイモン（1997）の『経営行動』¹⁾に記されている。本章では、限定合理性とはどのような概念であるのか、その限定合理性を考えることにどのような意義があるのか、そして、それを前提にした意思決定とはどのようなものであるのかなどを経営行動を中心にその後のサイモンの論文や書籍を加えて、まとめる。

限定合理性は人間の合理性が限定されていることを意味している。限定合理性を考えるにあたり、限定されていない合理性がどのようなものかを検討する必要がある。（限定されていない）合理性は様々

な捉え方があり、さらにそれらの呼び方もいくつもあるが、経営行動では客観合理性が採用されている。この客観合理性について、サイモンは

行動している主体が、(a)意思決定の前に、行動の代替的選択肢をパノラマのように概観し、(b)個々の選択に続いて起こる諸結果の複合体全体を考慮し、(c)全ての代替的行動から一つを選抜する基準としての価値システムを用いる、ことによって、みずからの全ての行動を統合されたパターンへと形づくることである。

と述べている (p.144)。客観的に合理的であるということは、その人が持っている（誤ったものである可能性があったり、不完全であったりする）情報や知識に基づいて合理的ではなく、『客観的』に合理的であることを含意している。経営行動では、客観的合理性とサイモンは記載しているが、これは一般に完全合理性とも呼ばれることの方がむしろ多い。

人間は以上のような客観的合理性をもっているのではなく、その合理性は限定的であることをサイモンは体系的に説明した。限定合理性の考え方自体は当然のことと言えは当然のことで、サイモン以前にも提唱されてはいる。これについて十分に体系的に考察したのがサイモンであると言え、限定合理性を考える上でサイモンの考え方は非常に重要である。

人間の合理性が限定的である理由としては、上述の客観合理性の(a)から(c)に対応するものとして、整理することができる。(a)に対応するものとして、「個人がなすことが可能な行動パターンの全てを思いつけるだけの想像力さえも、人間はもっていない」

(p.148)と述べている。サイモンは、経営行動でこのような全選択肢の列举を『行動可能性の範囲』という言葉で説明している。本研究では、可能な選択肢をすべて列举することができないことを『全選択肢列举の不可能性』と呼ぶことにする。

(b)としては、『予測の困難性』(p.148)である。「合理性には、各選択の正確な諸結果についての、完全で、現実には到達不可能な知識をもつことを意味している。しかし、実際には、人間は彼の行動をとりまく状態について、断片的な知識以上のものは決して持っていないし、また、現在の環境についての知識から将来の結果を導き出すことを可能にする規則性や法則についても、わずかばかりの洞察以上のものは持っていない」(p.145。ただし、筆者が原英文と照らし、若干修正)とし、『知識の不完全性』を強調している。このような知識の不完全性のため、結果の予測ができない。

このような予測の困難性は必ずしも確定的に予測できることのみを指しているのではない。期待効用理論が前提とするような確率的な状況でも当てはまり、起こりうるすべての事象を列举し、その同時選択確率を計算することなども不可能である。確率的な状況については、例えばサイモン(1984)²⁾などで議論されている。

(a)および(b)がたとえ満たされたとしても、人間は必ずしも最適なものを選ぶことはできないことを(c)は述べている。どのような観点により、最適なものを選ぶことができないのかは重要である。一つには、広く知られているように認知限界である。人間の認知能力や計算能力には限界があり、非常に多くの代替案の結果を比較することができないことを意味する。巡回セールスマン問題やナップサック問題などのNP困難問題が示すように、組み合わせ数が指数関数的に爆発する問題は多く存在する。約4000品があるというコンビニでの買い物を考えてみよう。それぞれの商品を買うのか買わないのかの組み合わせは 2^{4000} であり、その常用対数($=\log_{10} 2^{4000}$)は約1204である。つまり、 10^{1204} もの組み合わせがある。それぞれの組み合わせを認識するのに0.01秒しかかからないとしても全ての組み合わせを認識するだけで、 10^{1202} 秒(約 10^{1194} 年)も必要である。途方もない時間が必要になる。

もう一つ重要な観点は、経営行動の中で用いられている価値づけや価値の体系についてである。(c)での「基準としての価値システム」の意味することについて、経営行動の別の個所では「合理的な行動には、選好の順序に従って諸結果をリストすること、さらに、そのリストで最上位にある代替的選択肢に対応する戦略を選択することが含まれる」(p.126)と述べている。たとえ選択肢数が少なく、時間が十分にあったとしても、そもそも一つの矛盾のない価値体系で選択肢に正確に順序をつけること自体ができないことも重要である。矛盾のない価値体系自体を人間は持っていないことも多い。たとえ客観的には同じ問題であったとしても状況に合わせて順序付けを変えていることもあろう。これは心理学においてはフレーミング効果と呼ばれている。

「人間行動は、完全に合理的ではないとしても、少なくとも大部分は合理的であることが意図されている」(p.136)と述べ、また、「中心的テーマは、人間の社会行動における合理的側面と非合理的側面との境界にある」(p.184)とも述べている。限定合理性は、人間が合理的ではないということを主張するものではなく、つまり、非合理であることを意味するのではない。また、人間が合理的であることを

望んでいないことを意味しているのでもない。経営行動では、特に組織内での人間行動を対象としており、組織内では、合理的であることが望まれている。しかし、人間は合理的であることを望んでいる、意図したとしても、その合理性は限定されているというのがサイモンの主張である。さらに、このような人間の合理性は限定的なものであるという主張は、その限界内では合理的であるという前提が含まれている。これは後述する『手続的合理性』という概念の提唱でより明示的に説明されることになる。

サイモンは人間の合理性は限定的であることだけを主張したのでもない。組織は目的を持っていることがほとんどであり、その目的に対して合理的な行動を行うことが望まれている。限定合理的な人間がその限界を緩和するために行っている行動が分析することが非常に重要であり、次節ではそれについて述べる。「組織と経営管理の真の理論がなりたつ場所、人間の行動は合理的であろうと意図されているが、その合理性が制約されているような現実世界に、まさに存在する」(p.137)と述べられており、人間の限定合理性から組織行動を説明したことがサイモンの経営行動の一つの大きな貢献と言える。

(2) 限界の緩和

合理性が限定されているものの、人間はその限界に対処しようとしている。サイモンは経営行動において以下のように合理性の限界を緩和するための方策のうち重要なものを指摘している。

a) 習慣と選択的注意

「習慣は目的志向行動においてきわめて重要なタスクを遂行している。というのは、習慣は、同様の刺激や状況に対して適切な行為をもたらした決定を意識的に再考する必要なしに、同様の反応で対応することを可能にするからである」(p.154)と述べている。これは、一つにサイモンは『習慣』を重要視していることを示しており、それは、習慣により、思考を省略できることに着目している。ここでの習慣は単に同じ行動を繰り返すことではなく、思考することなく自動的に行動を引き起こすことを意味している。人間の認知は限界があるため、いつも思考して行動を行うのではなく、繰り返す行動については思考せずに行動を行うことで認知的な負荷を大幅に軽減することができる。

「実際の行動においては、客観的に合理的な行動とは区別されるように、一定の方向に注意を向けさせる刺激によって決定は創始され、さらに、刺激に対する応答は、一部は熟慮されたものであるが、大部分は習慣的である」(p.158)とし、習慣的行動は

刺激によって、引き起こされることを述べている。人間が様々に知覚していることが全て意識的な取り扱いがなされたり、行動の引き金になるわけではなく、知覚されたもののから何らかの選択・選抜がなされたもののみ意識化されたり、習慣的行動に結びついたりする。すなわち目に入ったり、耳に入ったりする情報あるいは刺激の多くは捨てられる。認知制約がある人間が全ての情報や刺激の処理を行うことは到底不可能であることを考えると非常に自然な考え方と言える。

知覚した刺激や情報の一部のみを取り入れること(選択的注意)と習慣という思考することなく行動を行うことによって、二段階にわたって認知的コストを節約することができる。

b) 学習とコミュニケーション

「きわめて一般的な種類の規則性を見出し、他の人間とコミュニケーションする人間の能力は、こうした学習過程を実質的に短縮するのを助けとなっている。まず第一に、(同種類の)他の選択をした経験から、いま直面している特定の選択の性質についてなんらかの推測が行える。... 第二に、コミュニケーションにより、学習過程において人間は動物よりもはるかに大きな利益をえている。... 知識の伝達、結果の理論的予測によって、比較的わずかな経験が、広範囲の決定に対する基礎として役立ちうる。その結果、思考および観察の著しい節約が達成される」(p.151-152)このように学習することによって、予測が可能となること、また、他人からそのための知識を授受することによって、さらにそれが効率的に行うことができることを指摘し、思考と観察のコストを大幅に削減することができるとしている。

c) 組織化

「われわれが組織とよんでいる行動パターンは、いかなる意味においても人間の合理性の達成の土台となるものである。合理的な個人とは、組織され制度化された個人であり、またそうでなければならない」(p.170)と述べ、人間の合理性を考える上で、組織と言うものが非常に重要であることを示している。さらに、組織というものが行動パターンという観点において、人間の合理性の限界を緩和するとされている。その点に関して、1) 組織は仕事をそのメンバーの間で分割、2) 組織は標準的な手続きを確立する、3) 組織は、権限と影響のシステムを確立することによって、組織の階層を通じて、決定を下に(そして横に、あるいは上にさえも)伝える、4) 組織は、全ての行動に向かって流れるコミュニケーションの経路を提供する、5) 組織は、そのメンバーを訓練し教化する、としている。(p.171-172)

上記の 1)と 2)は、人間の認知限界の緩和を考える上で特に重要である。分業によって、担当する仕事や業務のみに集中することができる。つまり、処理すべき情報や内容をさらに限定することができ、考えるべき対象を減らすことができる。このように分業は認知限界と深くかかわっている。次に、手続きの確立であるが、認知限界に対して習慣と同様な効果がある。標準的な手続きが確立されることによって、その仕事をどのように行うのかを毎回考えるという認知的コストを削減することができる。これは、『組織ルーティン』とも記載されている。

3)から 5)については、組織自体を機能的にしたり、円滑に活動することに資する部分も大きい。認知限界の緩和で特に直接的に関連するものとしては権限がある。組織のメンバーであったとしても、個々人で独立に思考を行う主体であり、組織で公式的、非公式的に割り当てられる、もしくは遂行を期待される業務や仕事、役割を実際に行うのか、いつ行うのかなどを決定する必要がある。それを決めるに際して、権限は重要な働きをする。権限があるもの、その程度が高いものは、それを行うのが妥当であるのかの考えることなく、実行するものとなり、思考の省略につながる。また、後に述べる（組織の）階層性も重要である。

(3) 手続的合理性

「我々が知識と計算能力の両方がかなり限られたものであるという命題を受け入れる場合、客観世界と主体のそれについての知覚や推論を区別しなければならない。意思決定プロセスの理論を構築しなければならない。このような理論は推論のプロセスだけでなく、問題の主観的な表象の生成プロセス、すなわち、主体の『フレーム』をも含むものでなければならない。

「新古典派経済学の合理的人間は常に与えられた効用関数に対して客観的もしくは実質的に最適決定に達する。認知心理学の合理的人間は利用可能な知識や計算手段の観点から手続的に妥当な方法で決定に至る」 (Simon, 1986, p. S212)

「適切にしっかりと考えられた結果であるならば、その行動は手続的に合理的である。このような手続的合理性はそれが生み出されるプロセスに依存するものである。心理学者が合理的という言葉を用いるとき大抵は手続的合理性を頭の中で想起している」 (Simon, 1976, p. 131)

(4) 満足化原理

客観的に合理的な場合、最適な行動が選ばれるこ

とになる。客観的合理性（完全合理性）を仮定すると、最適化原理として行動を記述することができる。効用関数により行動を評価する場合、効用が最大となる行動がとられることになる。

客観的合理性を仮定せず、合理性は限定的であると考えた場合、最適化として行動を記述することができなくなる。実際、人間には常には最適化は可能であるわけではなく、そのような能力もなければ、時間も持ち合わせていない。限定合理性の立場に立つと、どのように人間行動を取り扱えばよいのかが大きな問題となる。「経営理論とは、意図されているが同時に限定されている合理性に固有の理論であり、いいかえれば、最大化できるような理性をもたないために、満足化をはかる人間行動についての理論である」 (p.184) としており、サイモンの主張の中で満足化 (satisficing) は重要な位置を占めている。

経営行動では満足化原理について詳述されていないが、「意思決定者がある代替案をみつけたとき、それがどの程度好ましいものであるかについて彼は、選択に際し要求水準を満たすような代替案が見つければ、ただちに探索活動をやめ、その代替案を採用する。私はこのような選択様式を満足化とよんだ」

(システムの科学 p.281) 「満足化と相容れない最適化のための 1 つの要件は、すべての代替案がある共通の効用関数で計測できなければならない、という点である。人間の選択力には、もし明確な効用関数が存在すれば得られるであろうような、そういった類の首尾一貫性と推移性が備わっていない、という証拠はきわめて多い。しかし、満足化理論でも、満足に関する何らかの判断基準は必要である。それでは、信頼のおけない効用関数の代わりに、利益、喜び、幸せ、満足などを測る、いかなる人間的な速度があるのだろうか。... これらの現象を取り扱うために、心理学は要求水準という概念を採用した」

(システムの科学 p.36) と述べており、心理学から要求水準という概念を導入し、満足化原理を提唱した。ここで述べられているように、最適化の大きな問題の 1 つは首尾一貫した基準が必要となることである。逆に言うと、満足化はそれを必要とはしていない。

「ある理論家たちは探索費用への考慮を導入することによって、最適化モデルを維持しようと努めている。このやり方が、われわれが提示しようとしているモデルにかわって、さまざまな状況の下においても有効なモデルたりうるかどうかは疑問である」

(オーガニゼーション p.215) と述べており、探索費用、そして、探索上の制約を入れて最適化するというアプローチをサイモンは拒否している。実際、最

適化理論では、無制約最適化問題と制約付最適化問題を比較すると、制約が入ると計算上より複雑になり、計算コストも大幅に増加する。限定合理性が人間の認知的能力などの限界などから導き出されるのに、それを扱うためにさらに問題を複雑にし、計算量を増加させるようにするアプローチは大きな矛盾を孕むことになる。最適化とは異なったアプローチが限定合理的な行動には必要となる。サイモンは満足化を提唱した。

しかしながら、サイモンが限定合理性や満足化を提唱したのとほぼ同時期に一般均衡理論が発表され、人間の行動を定量的に扱っている経済学の主流は一般均衡理論をはじめとする最適化アプローチを基本にし、満足化としての行動記述やモデル化はあまり広がりを見せなかったように思われる。このような時代背景のみならず、満足化の考え方はあいまいな部分があり、定式化など取り扱いが難しい、すっきりしないことなど本質的なところでの課題もあると思われる。また、満足化と最適化との差異は大して重要ではなく、行為主体が最適化すると仮定することが現実的ではないとしても、それは大きな問題ではないと考えている研究者も多く、満足化の『近似』として最適化は許容されるという考え方もある。どのような行動が選ばれるのかという結果のみに着目する場合、これらの主張も十分に一理あるものである。後で詳述するが、サイモンの考え方はプロセスを重視するものであり、結果として選ばれる行動の観点からは満足化と最適化では大きな違いはないかもしれないが、プロセスの観点からは最適化は許容できないものと言うことになる。

(5) 限定合理性の意義と意思決定プロセス

限定合理性は初版が1947年のサイモンの代表的著作の経営行動の中で十分に議論されている（本稿ではその4版を用いているが、追加はされているものの、初版内容の削除や修正はほとんどなされていない）。経営行動という本のタイトルから、また、実際、経営行動の中では組織に関する記述が大半を占めていることから分かるように、サイモンが組織というものを重要なものとして取り扱っていることが分かる。ここで強調したいことは、このような組織が限定合理性や認知限界を考える上でも非常に重要なことであり、それは認知限界を緩和し、より人間がより合理的に行動を行うことができるようにするためのものであることである。サイモンは「私が『経営行動』の中で説明しようとしたのは、組織がどのようにして人間の理性を拡張できるのかということであった。」（学者人生のモデル p.114）と述べ

ており、サイモンの組織に対するとらえ方が分かる。

経営行動は限定合理性についての参考文献としてのみ取り上げられることも多い。しかし、サイモン自体、経営行動によって、限定合理性の主張のみならず、それを組織にあてはめることによって、組織現象に現実的な説明を行うことができた（学者人生のモデル p.135）と述べている。繰り返しになるが、限定合理性という概念を考えるにあたっては、（少なくともサイモンにとっては）組織というものが重要な位置を占めている。そして、限定合理性という考え方が単に客観的合理性もしくは完全合理性に対する批判にだけにとどまっていない一つの大きな理由は、そのような考え方が組織現象を解明する上では極めて重要であり、事実その解明に大きく貢献していることにあると考えられる。これについては本稿4章にて再度触れる。

サイモンは1970年代に手続的合理性という概念を発表したが、これは限定合理性の考え方を放棄したものではなく、プロセスというものをより強調して人間の合理性を捉えた概念となっている。基本的には手続的合理性も限定合理性も両方とも同じ現実の人間の合理性を捉えたものであるが、限定合理性というのは合理性が限定的であることを強調したものである一方、手続的合理性はその合理性が限定的である要因である認知プロセスの『プロセス』を強調している。既に述べたようにサイモンは人間は非合理であることを主張してはおらず、むしろ合理的であることを目指しているものの、認知的制約等により客観的には完全には合理的にはなりえないことを主張している。人間は合理的であることを思考しているが、認知プロセスという『プロセス』を陽に考慮することが不可避免的に重要であることをサイモンは主張していると考えられる。限定合理性は『プロセス』という視点から人間行動を捉えることを示唆しているという点が非常に重要であるというのが本研究で考える限定合理性の最も大きな意義である。これについては第4章でさらに詳述する。

3. 人間の記憶と認知

前章では、サイモンの限定合理性の概念から、人間は認知的制約のため、限定合理的であり、そのような人間の行動を記述するためには、認知プロセス・意思決定プロセスを考慮することが必要であると述べた。本章では、人間の認知的制約とはどれ程のものか、そして、人間の行動を決定するプロセス、すなわち、認知過程はどのようなメカニズムとなっ

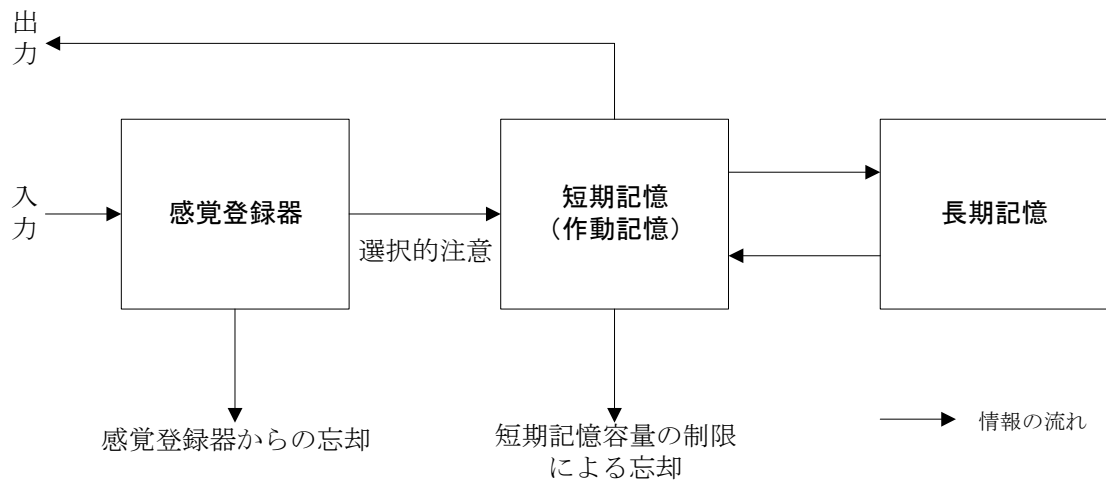


図1 記憶システム

ているのか、といった問題を認知心理学の研究に基づいてまとめ、人間の合理性が限定的であることの根拠の一つの人間の認知的制約を検証する。そして、人間の認知プロセスについて今までの研究等で明らかになっていることを確認する。

認知心理学では、人間の思考を情報処理とみなすという考え方(情報処理アプローチ)が主流である。以下では、そのような情報処理という観点から人間の記憶に関して説明する中で、人間の認知的制約、そして、認知プロセスを明らかにする。

(1) 記憶モデルの概要

記憶システムを情報処理の観点から理論化したものが、以下で説明する二重貯蔵モデルである。

Atkinson と Shiffrin (1968) によると、記憶システムは構造的に独立な短期記憶と長期記憶からなる以下のようなシステムとされる(図1参照)。外界からの情報は、まず感覚登録器に入り、選択的注意によって選び出されたものだけが、短期貯蔵庫に送られ、そこで一定期間保持される。しかし、短期貯蔵庫の容量は限られており、新しい情報が次々入ってくると、古い情報は押し出され、忘れ去られてしまう。忘却を防ぐためには、情報をリフレッシュさせるリハーサルと呼ばれる活動が必要になる。短期貯蔵庫には、このため、一定数のスロットをもつリハーサルバッファが想定されていて、スロットの数以下の量の情報を繰り返し循環させることで、情報の保持が可能になるという。この情報の保持の機能に加えて、リハーサルには、情報を次の貯蔵構造である長期貯蔵庫に転送する機能もあるとされる。短期貯蔵庫内に滞在する時間が長いほど、その情報が長期貯蔵庫に転送される確率が高いと考えられている。したがって、リハーサルの回数が多いほど、その情

報が長期記憶として定着する可能性も高いことになる。そして、一旦長期貯蔵庫に保存された記憶は半永久的に保持されると考えられている。

(2) 短期記憶と作動記憶

限られた量の情報を短期間保存しておくための記憶システムの存在はかなり以前から指摘されていた(James, 1890)。Miller (1956) によると、人間が一度に保持できる情報の量はおよそ 7 ± 2 チャンクに限られる。チャンクとは、何らかのまとまりをもつ情報の塊のことである。また、保持時間もリハーサル等を行わなければ、約 10 秒ほどで消失してしまう(Murdock, 1961)。

短期記憶を長期記憶と切り離さず、記憶が一時活性化されている部分が短期記憶だとみなす考え方(Anderson, 1980)や、記憶を情報の処理の深さの観点からみる考え方(Craik & Lockhart, 1972)の研究がある。しかし、いずれの考え方であったとしても、人間が一度に保持できるチャンクの数に限られており、人間の認知過程における厳しい制約となっていることは共通している。

近年では、短期記憶よりも作動記憶(または作業記憶)という概念が用いられることが多い。短期記憶が記憶の短期的な保持機能を中心に捉えていたのに対して、作動記憶はそれに加えて処理機能も考慮したものである。

(3) 長期記憶と知識構造

長期記憶は単に個々の事象がそのままの形で貯蔵されているだけではない。概念に基づいて、対象をカテゴリー化して記憶することができるし、単にカテゴリー化されたものを記憶するだけでなく、意味を付加して記憶している。また、もっと広範かつ

一般的に構造化された『知識』として貯蔵されている。

a) 知識の表象

Bartlett (1932) は、被験者に幽霊の戦いと呼ばれる物語を記憶させ、後に再生させる実験を行ったところ、そこでは系統的な歪みが起きていることが見受けられたことから、人間の理解には既に獲得した知識や概念が必要であるとし、知識の重要性を指摘した。

知識は、入手した情報をそのまま記憶したものというよりも、何らかの程度において整理され、一般化・抽象化されたものと考えられる。このような知識をもつことによって、人間は直面する状況や事象・現象を「理解」することができ、また、新たな状況に対して、適切な予測をもち、適切な行動をとることができるように学習することができるといえる。

このような知識がどのような構造を持っているかに関しては次のような概念が提案されている。

Rumelhart & Ortony (1977) は、主に概念といったものを表現するための知識構造としてスキーマ (図式) を提案した。また、Schank & Abelson (1977) は日常生活における定型的な活動や事象の流れに関する知識をスクリプトと呼んだ。人工知能の分野において、計算機において知識を表現するためのデータ構造はフレームと呼ばれる (Minsky, 1975)。また、プロダクションシステムにおける if-then ルール (プロダクション) は手続きに関する知識を表現したものである。

b) 長期記憶の忘却

短期記憶は極めて短い時間でしか保持されない記憶である。一方、長期記憶は半永久的に保持されることが多い。議論の余地が残されているものの、その根拠としては、手術中の患者の脳の側頭葉に電気刺激を与えらところ、患者が忘れていた幼少時代の記憶を思い出したことがあげられる (Penfield & Roberts, 1959)。人間の忘却は、保持された情報は時間と共に消え去るというよりも、それを再生することができなくなるとみなされている。

(4) 記憶と限定合理性

以上において、情報処理アプローチに基づいた記憶システムについて述べてきた。このような認知心理学における知見は、人間の合理性が限定的なものとする認知的制約があきらかにあり、それがどのようなものか (の一部) を示している。人間の認知的制約とは、第一に、意思決定のための際の情報処理で用いられる短期記憶の容量がごく僅かな量に限定されていることにある。次に、長期記憶は無限に近

い記憶容量があるものの、長期記憶として貯蔵するためには、短期記憶の段階でリハーサル等が必要であるなどの労力や時間が必要であり、知覚された情報のすべてが貯蔵されるわけではないことである。また、長期記憶として貯蔵することができたとしても、それを再生できないことも多く、見かけ上には忘却されてしまう。さらに、情報は一般化・抽象化され、知識となるが、知識は既にある知識に基づくものであり、決して完全なものとなることはない。また、必ずしも知覚されたものそのままではなく、ある種の「編集」がされ、歪曲されることもある。

繰り返しになるが、まとめると、選択的注意により、選別された情報のみが短期記憶として保持される。1) 一つに情報は選別されたものだけとなるという情報量としての限界があるとともに、2) その選別にも恣意性があり、必ずしも適切とは限らないという限界がある。3) 短期記憶として保持できるのは 7 ± 2 チャンクに限られ、獲得できる情報量としての大きな限界がある。さらに、情報処理されるのも短期記憶もしくは作動記憶であり、4) 情報処理量も大きな限界がある。短期記憶として保持できたものは長期記憶として半永久的に貯蔵することができるが、5) 再生できない記憶もあるという利用可能情報量の限界がある。その一部はいわゆる知識を形成する長期記憶であるが、自らの長期記憶・知識等の影響により、6) 長期記憶・知識は「編集」され、最初に近くされたものからの歪みもあるという認知的限界がある。以上のように、認知的限界として、記憶・情報処理上の i) 量の限界と ii) 質の限界の2種類がある。これらにより、人間は十分な量の知識や情報を持ちえないという観点と持っていたとしてもそれは必ずしも適切ではない可能性があるという観点から、客観的な意味で完全な合理性を人間は持ちえない。認知心理学における知見は人間の合理性が限られていることの実証的な根拠を与えるものであると言える。

上述の質の限界については若干の補足が必要である。知覚したものをそのまま記憶することは必ずしも適切とは限らないことに注意が必要である。どのような観点から適切と言うのかというのは記憶の使われ方に依存し、難しい問題である。ただし、それが適切かそうでないかを別にして、長期記憶されたものは知覚したものから系統的な歪みがあり得ことは示されている。サイモンはこの長期記憶や知識の歪みの重要性も指摘していると思われる。それは後述するが『主観世界』と『客観世界』を分けて考え、その違いの重要性を指摘していることから分かる。認知的な限界がある人間は知覚されたものをそ

のまま記憶することは必ずしも適切ではない。適切に選別や編集を行わないと断片的で統一性のない記憶の集合となってしまう可能性があると思われる。認知的限界下では、選別や編集が『合理的』とも言える。サイモンの手続的合理性は、上述の通り、合理性の限界を積極的に評価したものであり、選別や編集も積極的に評価することができよう。ただし、選別や編集されて構成された知識（長期記憶）は完全なものではないため（完全にはなりえないため選別・編集されているのだが）、それが適切ではないことも実際にはあるが、認知的限界を考えると許容される、許容せざるを得ないものと思われる。

4. 行動とシステムのプロセス記述

(1) プロセス記述

著者がこれまでに手掛けてきた交通ネットワーク分析では、利用者均衡を中心とする均衡の概念が多用されており、その理論の拡張が盛んに行われてきている。

交通ネットワークにおける均衡の概念は、Wardrop が提唱した配分原則に始まるとされ、通常に用いられるのは、Wardrop 均衡（利用者均衡）と確率的利用者均衡の二つである。Wardrop 均衡は、交通ネットワーク・フローを記述するための最も基本的かつ重要な均衡概念であり、その状態は最適化問題として定式化されるとともにその一意性が示され、数学的な位置付けが明確にされている。また、もう一つの重要な均衡である確率的利用者均衡¹⁾は、ランダム効用理論に基づいた経路選択行動に基づく均衡概念と解釈することが可能で、Wardrop 均衡と同様に最適化問題として定式化がなされている。

これらの均衡分析は、本来は動的で複雑な交通システムを、均衡という一つの『状態』として捉えようとするものであり、それにより解析的な取り扱いを可能とするものである。均衡分析において、システムを均衡という『状態』により記述することができるのは、行動論的な意味においては、行動主体に対して完全合理性および効用最大化を仮定しているからである。この仮定より効用が最大化された一つの『状態』として交通行動が記述され、その集合から構成される交通システムも均衡という一つの『状態』によって捉えられることになる。この仮定と利用者均衡等の概念を結び付けることにより、交通システムを理論的・統一的に捉える枠組みを提供することが可能となった。

しかし、既に述べたように、人間の計算能力や知

識は限られたものであるため、行動と目的との客観的な関係から見ると、人間の合理性は制限されたものである。したがって、完全合理性や効用最大化仮説は理想化された人間を記述するものであり、現実の人間行動に対して仮定できるものではない。

この限定合理性の概念は人間の合理性を消極的に捉えたものであるが、それを積極的に捉えることも可能である。計算能力や知識の限界などの行動が決定される『プロセス』を制約する諸要因を与件とすれば、人間は十分合理的であるとみなせる。既に第2章で述べたように、限定合理性の概念は、人間の行動は効用最大化問題として定式化することはできない。最適化された『状態』としての行動ではなく、行動が生み出される『プロセス』、すなわち認知過程を直接に解析することが必要であることを意味するものであると考えられる。行動をそれが決定される『プロセス』を含めて記述しなければならないとするならば、当然のことながら、システム自体もその状態が生起する『プロセス』を記述しなければならないであろう。行動主体の限定合理性を考慮するということは、行動主体の認知過程を考慮することであり、さらに、交通システムについても従来の均衡分析のように均衡という一つの『状態』としてのみ捉えるのではなく、『プロセス』という視点から捉えることを意味すると考えられる。

(2) 土木計画におけるプロセス記述

土木計画学の初期の教科書である土木計画と OR では、「土木計画の学問的体系化をはかっていくための1方法として、土木計画の問題を計画システムとして科学化していくことの可能性の追求と、計画手法としての OR の有用さを実証しようとしたものである」とされ、土木計画学の出発は OR の導入が一つの重要な方法論であったと思われる。OR、すなわち、オペレーションズ・リサーチは、数理モデルによって、さまざまな計画に際して最も効率的になるよう決定する科学的技法と言える。OR では、計画を数理問題として定式化することから始まり、どのように問題と捉えるのかはあまり焦点になっていないことがほとんどである。数理計画問題の多くは目的関数が用意され、それを最適化するというアプローチが極めて多用される。このようなアプローチはこれまでに重要であり、土木計画でも多用されている。

このような最適化アプローチは第2章で述べたようなサイモンの限定合理性の考え方、もっと直接的にはサイモンの最適化に対する批判と同じ問題・課題があると言える。土木計画の分野において、目的

関数という一つの一貫した基準が設定できるのかという問題が一つある。土木計画学が誕生した時代、高度成長期では、国全体が一つの方向性に向かっており、そのような一つの基準による計画というものがあまり問題にはならなかったと思われる。また、今日のように P I や住民参加など合意形成プロセスなどはほとんど顧みられることなく、結果良ければすべてよしというようなことが是認されていたようにも思われる。しかし、価値観が多様化し、これまでの目的関数の最適化としては扱うことができないことが多くなってきた。そもそも一つの基準である目的関数の設定が困難である。また、アカウンタビリティが重要視され、計画のプロセスも問われるようになった。

そもそも土木計画でも前節で述べたようにシステムを『均衡』という『状態』で記述することがこれまでに行われてきた。そこでは、主体の完全合理性が前提とされている。我々はこのような完全合理性を仮定し、一つの基準を設定し、システムを状態として扱い、最適化を図るというアプローチでは解決できない問題に直面している。例えば、地方都市活性化をそのように取り扱うことができるであろうか。いままでの土木計画の最適化アプローチで地方都市の人口増を促進することができるであろうか。そもそも人口を増やさないといけないという一つの基準さえ設定することに合意を得ることすら難しい状況が多々あるように思われる。現在、一つの基準の設定が難しいという点が問題となっている。これは、問題設定自体が困難であり、それを行うことが非常に重要であることを意味していると思われる。これまでの土木計画の OR 的最適化アプローチでは、問題設定は目的関数さらには制約条件として集約されており、そこから出発している。繰り返しになるが、問題設定自体が問題となっている。完全合理性の仮定自体が全ての選択肢とその結果を知っていること、一つの首尾一貫した基準を持つことを前提としている。そして、最適な『状態』として行動が決められる。システムをこのように捉えたと解決することができない問題に我々は多く直面している。このような捉え方をする場合、われわれができることは非常に限られたものになってしまう。現状の厳しい環境下では、例えば地方都市の発展は望めないとも思える。現状の環境と言う制約下で、制御変数をいくらチューニングしても難しい。問題自体を転換させなければならないし、人々の意識を変え、システム自体を変えないといけないような問題も多いと思われる。

人々の行動を決めるプロセス、人々がどのような

認識し、行動を決めるのか、を陽に考え、その集積としてシステムを捉えることが重要であろう。これは主体の行動及びシステムを『プロセス』の視点でとらえることである。プロセスの視点でとらえる場合、状態としてシステムを認識はできない。あくまでもプロセスである。これは問題自体が一つの固定したものであることを前提としていない捉え方である。人々の考え方が変われば、その人々の集積であるシステムのメカニズム自体も変わることを受け入れることは自然であろう。そのようなプロセス的な捉え方、認識が必要となっていると思われる。これはどのように捉えるのかという心構えのような問題であり、具体的なものにはなっていない。具体的にプロセスの視点からの土木計画の方法論は今後開発しなければならない。しかし、このような捉え方の転換が今必要ではないだろうか。このような捉え方は第 2 章で述べたサイモンが行ったこととも言えよう。

参考文献

- 1) Anderson, J. R. (1980) *Cognitive Psychology and Its Implications*, W. F. Freeman and Company, San Francisco. (富田達彦, 増井透, 川崎恵里子, 岸学訳 (1982) 認知心理学概論, 誠信書房, 東京.)
- 2) Atkinson, R. C. and R. M. Shiffrin (1968) *Human Memory- A Proposal System and Its Control Process*, *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, vol.2, Spence K. W. and J. T. Spence eds., Academic Press, New York, pp.89-195.
- 3) Bartlett, F. C. (1932) *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*, Cambridge University Press, London. (宇津木保, 辻正三訳 (1983) 想起の心理学: 実験的社会的心理学における一研究, 誠信書房, 東京.)
- 4) Craik, F. I. M. and R. S. Lockhart (1972) *Level of Processing: A Framework for Memory Research*, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, Vol.11, pp.671-684.
- 5) James, W. (1890) *The Principles of Psychology*, Henry Holt and Company, New York.
- 6) March, J.G. and Simon, H.A. (1958) *Organizations*, John Wiley & Sons, New York. (土屋守章訳 (1977) オーガニゼーションズ, ダイアモンド社, 東京)
- 7) Miller, G A. (1956) *The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information*, *Psychological Review*, vol.63, pp.81-97.
- 8) Minsky, M. (1975) *A Framework for Representing Knowledge*, *The Psychology of Computer Vision*, P. H. Winston ed., McGraw-Hill, New York, pp.211-277. (白井良

- 明, 杉原厚吉訳 (1979) コンピュータービジョンの心理, 産業出版, 東京.)
- 9) Murdock, B. B., Jr. (1961) The Retention of Individual Items, *Journal of Experimental Psychology*, Vol.62, pp.618-625.
- 10) Penfield, W. and L. Roberts (1959) *Speech and Brain Mechanism*, Princeton University Press, Princeton. (上村忠男, 前田利男 (1965) 言語と大脳 : 言語と脳のメカニズム, 誠信書房, 東京.)
- 11) Rumelhart, D E. and A. Ortony (1977) The Representation of Knowledge in Memory, Schooling and the Acquisition of Knowledge, R. C. Anderson, R. J. Spiro and W. E. Montague eds., Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N. J., pp.99-135.
- 12) Schank, R. C. and R. P. Abelson (1977) *Scripts, Plans, Goals and Understanding: An Inquiry into Human Knowledge Structure*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N. J.
- 13) Simon, H. A. (1986) Rationality in Psychology and Economics, *Journal of Business*, Vol. 59, pp. 209-222.
- 14) Simon, H.A.: From Substantive to Procedural Rationality, Method and Appraisal in Economics, S. J. Latsis eds., Cambridge University Press, Cambridge, 1976.
- 15) Simon, H. A. (1996) *The Sciences of the Artificial*, 3rd ed., The MIT Press, Cambridge. (稲葉元吉・吉原英樹訳 (1999) システムの科学, パーソナルメディア出版, 東京.)
- 16) Simon, H. A. (1996) *Models of My Life*, The MIT Press, Cambridge. (安西祐一郎, 安西徳子訳 (1998) 学者人生のモデル, 岩波書店, 東京.)
- 17) Simon, H. A. (1997) *Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Process in Administrative Organizations*, 4th Edition, Free Press, New York. (松田武彦, 高柳暁, 二村敏子訳 (1965) 経営行動 : 経営組織における意思決定プロセスの研究, ダイヤモンド社, 東京.)
- 18) 石原藤次郎校閲, 吉川和広著 (1969) *土木計画と OR*, 丸善, 東京.
- (2011. 5. 6 受付)

BOUNDED RATIONALITY AND PROCESS DESCRIPTION OF INFRASTRUCTURE PLANNING

Sho-ichiro NAKAYAMA