

プランとヒューマン・エラーをめぐる小論

筑波大学心理学系 海保 博之

筑波大学大学院(博)心理学研究科 後藤なおみ・高橋 晃

A note on plan/planning and its relationship with human errors

Hiroyuki Kaiho, Naomi Gotow and Akira Takahashi (*Institute of Psychology, University of Tsukuba, Tsukuba 305, Japan*)

First, we historically overviewed plan/planning-studies from cognitive points of view. It was noticed that the main stream in the studies has been shifted from stressing functions of internal representation of plan/planning to paying attention to their situated nature. On the basis of this review, then, we broadly examined the relationship between plan/planning mechanism and human errors in terms of a planning stage, a retention stage, and an execution stage.

Key words: plan, planning, cognitive-science, human error.

1. 問題の所在

プランニングとは、「目標達成を志向した一連の行為系列を、行為に先立って、内的な表象として形成すること」である。そして、プランとは、プランニングの結果、形成された内的な表象である。

さて、プランに従った行動は、我々の日常の中では至極あたりまえでありながら(だからこそ)、それを心理学の研究課題として取り上げることは、かなり慎重であった。行動主義から認知主義へのシフト、そして、日常的認知を重視する生態学的妥当性へのシフトを待つ必要があった。本稿では、まず、そのあたりを、プラン研究小史として簡単に素描してみる。

ついで、プランニングおよびプランにかかわるヒューマン・エラーの問題を論じてみる。ヒューマン・エラーの研究は、多方面からアプローチされ、膨大な知見が蓄積されていながら、プランニングおよびプランとの関係では、体系的には、ほとんど論議されてこなかった。そこで、これまでのプラン研究の中からヒューマン・エラーに関係するものを取り出し、今後の研究の方向づけをしてみる。

2. プラン研究小史

プランは、単なる行動とその結果の連鎖に過ぎないとの反論が行動主義者から浴びせられる時代の終わりの始まりを予兆させる講演を行なったのが、脳生理学者のラッシュレーであった(Gardner, H., 1985 より)。1948年「ヒクソン財団によるシンポジウム」での講演の一部で、ラッシュレーは、ピアノ演奏のように、高速で実行される系列的な秩序に従う行動を説明するには、「Aの行動がBを引き起こし、Bの行動がCを引き起こし、……」という線形の鎖を仮定すれば十分とする行動主義的考えは不自然で、あらかじめ計画された階層化されたプランを仮定する必要があることを訴えた。そして、1960年、行動主義から認知主義への潮流の変化を踏まえる形で、Millerらの「プランと行動の構造」が刊行されるに及び、プラン研究は、その正当な位置づけを得た。この本の中で、Millerらは、プランの内的な表象の表現として、再帰構造をなすTOTE (TEST-OPERATE-TEST-EXIT)を提案し、プランが行動といかにかかわるかを子細に分析した。ここで取り上げられたプランの表現、プランと行動との関係は、その後のプラン研究の2つの主要な課題と

なった。

プランの内的表象がどのようになっているかについての研究は、1970年代、人工知能研究における知識の形式的な表現の研究と呼応して展開された。たとえば、Byrne(1977)は、調理士の言語プロトコルから階層化された調理プランの構造を明らかにしている。また、Lichtenstein & Brewer(1980)は、簡単な作業場面での70程度の行動ユニットを、「in-order-to」の関係で記述させることによって、階層化されたプラン・スキーマを抽出する試みを行っている。こうした研究—表現論—は、人工知能研究と同じで、これだけでは完結しない。内的な表象としてのプランがどのように運用されるか—運用論—が問われなければならない。これによって、上にあげたプランの内的表象の心理的な実在を証立することもできる。プランの運用論、すなわち、プランと行動との関係については、2つの研究アプローチがある。一つは、人工知能研究アプローチである。たとえば、Hayes-Rothらの黒板モデルに代表されるように、プランの実行過程をモデル化して、コンピュータでシミュレーションするというもの、あるいは、シミュレーションは行なってはいないが、プランが行動として実行されるまでの情報処理過程を「目標検出器」「プラン提案器」「投影器」「実行器」の4つのサブシステムを仮定してモデル化しているWilensky(1983)の研究などがある。

もう一つは、いわば心理学的なアプローチである。プランが、行動制御にどのような役割を持つかに関心を寄せる。たとえば、上述したLichtensteinらによると、プランに関する抽象的な情報やより上位の目標は、詳細化された特殊な行為の表象よりも長時間にわたり記憶に残り行動をコントロールしていることが示されている。あるいは、Hayes-Rothらは、プランニング段階での言語プロトコルから、プランニングの場当り的な性質を明らかにしている。こうした、プランによる行動制御の実時間的な性質についての研究とは別の角度から、プランと行動との関係を取り上げたのが、Meacham(1975)による展望記憶研究である。そこでは、現時点で立てたプランを将来のしかるべきときに実行することにかかわる諸問題が研究されてきた。

ここまでのプラン研究が、「まずプランありき、そしてそれに従った行動」という観点からの研究であったのに対して、1987年に、人類学者Suchmanが「Plans and Situated Actions」と題した著書のなかで、こうした観点からのプラン研究をヨーロッパ的な文化からの発想によるものとして、もう一つ別の観点からのプラン研究の存在に目を向けるべきで

あることを主張した。それは、人の行為が状況に埋め込まれたものであるという前提で、仮に目的的行為であっても、そのときの具体的な状況とのやりとりを繰り返しながら次第に目的に近づいていくアドホックな営みであるとする観点である。かくして、プラン研究が、状況論的認知の新しい枠組みの中で研究されることとなった。

3. プランとヒューマン・エラー

本節では、プランを作り出す(プランニング)過程、そのプランを一定時間の間、保持しておく過程、そして、そのプランを実行する過程、の3つの過程で発生するヒューマン・エラーについて考察してみる。

なお、「エラーをおかす」とは、行動を評価するためのなんらかの「外的な」目標/制約が与えられていながら、それに到達できない、あるいは制約の外に出てしまうことである。自分の内から自生するプランがプランどおりに実行できないとしても、それはエラーをおかしたとは言わない。ここでは、このことを前提にした上で、プランニングおよびプランとエラーとの関係について考察する。

3-1) プランニングとヒューマン・エラー

外的な解決目標が与えられて、それを解決するために認知的な資源を投入して行われるメンタル・シミュレーションがプランニングである。それは、まぎれもなく問題解決過程である。したがって、ここで発生するエラーは、問題解決過程でのエラーということになる。

問題解決過程は、問題空間の設定と、その探索過程との2つに分けられる。

問題空間の設定にかかわるエラーは、いわゆる、思い込みエラーである。解決があるはずの問題空間のどこにも実際には真の解決がなく、しかし、それで解決したと思いついてしまうエラーである。

こうした思い込みエラーをもたらすのは、事態の認知的な複雑さを低下させるために、解決者内部に構築される不適切なメンタルモデルである。解決すべき問題そのもの、さらには、解決者側での注意配分のコントロール不全による短期記憶の処理効率の低下、関連する知識の不足との3つがセットになって、問題解決事態の「主観的な」複雑さが高まったときに、その複雑さをとりあえず低下させるために、問題空間の制約をする必要がある。そのときに機能するのが、メンタルモデルである。

多くの日常的な事態では、メンタルモデルによっ

て制約された問題空間の中に解決が含まれている。しかし、事態の緊迫性が高まり、複雑さ爆発が起こってしまうような事態——たくさんの警報機が鳴り出すような事態(クリスマス・ツリー現象)など——では、認知資源の十分な投入が出来ないために、不適切なメンタルモデルが構築されてしまい、解決を含まない問題空間が設定されてしまう可能性が高くなる。

仮に、妥当な問題空間が設定されたとしても、そこでの探索過程においてエラーが発生することがある。とりわけ、探索ルートが複雑なときには、次の2つの型のエラーの発生が予想される。なお、探索ルートの複雑さは、ルート数の多さと、探索ルートの構造とに規定される。

一つは、短期記憶での表象操作能力の限界に由来するエラーである。階層的探索構造での縦型探索にしても横型探索にしても、あるいはネットワーク構造での連想的探索にしても、時間ストレスがかかるほど、また、探索ルートが複雑になればなるほど、探索のメンタル・シミュレーションをするには、短期記憶の容量不足がボトル・ネックになる。結果として、妥当な探索ルートを探索から脱落させてしまうエラーが発生することになる。

もう一つは、探索ルートの選択に由来するエラーである。よく知られているように、多くの場合、探索ルートの選択において、すべての可能なルートの悉皆探索は行われぬ。なんらかのヒューリスティクスに基づいて、ある特定の単一ルートのみ探索が行われることが多い。そうした探索は、当然、他のルートが妥当な解決をもたらすときに、エラーを発生させたり、探索ルートの迷路に迷い込ませることになる。

3-2) プランの保持・想起とヒューマン・エラー

ここでは、展望記憶研究の中心課題であるプランの保持と想起との関連でエラーの問題を考えてみる。ここでのプランには、2つの基本的な成分が含まれている。一つは、未来に行なうべき行為の内容である。もう一つは、その行為を実行すべきときにタイミングよく想起することである。

まず、行為の内容とエラーとの関連から考察してみよう。

行為の内容は、その行為を実現するための階層化された目標—手段関係を軸に構成されている。階層の最も下層には、ミクロで具体化された目標—手段関係があり、最も上層には、マクロで抽象化された目標—手段関係がある。上層から下層へは、行為の詳細化という形をとる。

プランの内容をこのように考えると、階層間の内容的整合性の欠如に由来するエラーの発生が考えられる。日常的な行為のプランの内容においては、一般には、行為が具体的になるほど目標を実現するための選択肢(手段)が増えてくるし、ある行為が複数の上位目標の達成に共有されることが多くなる。したがって、上位目標と下位目標との間の連結関係が複雑になり、階層間の関係が「見えなくなってくる」。かくして、ある目標に従ってある特定の行為を行なったつもりであっても、実際には、目標と行為の間に齟齬が生ずることがある。「良かれと思って行なった行為が、実は、誤っていた」、あるいは逆に、「行為そのものは良くとも、意図した目標達成には貢献していない」といったエラーが発生する。

次に、行為を実行すべきタイミングとエラーとの関連を考えてみる。

およそいかなる記憶であっても、その内容の中には時間成分が必ず入っている。もしそうでないとすると、眼前の事象と記憶表象との間の違いを峻別できないことになる(現実性識別の混乱)。しかし、過去記憶と展望記憶では、記憶されている時間成分の内容にははっきりした違いがある。多くの過去記憶では、事象と結び付いた心理的な時間(エピソード時間)であるのに対して、展望記憶では、実時間(物理的時間)、すなわち、「何時何分に何をやる」という形の時間成分の記憶である。心理的時間と実時間との間の関係については、時間知覚や展望記憶の諸研究が示すように、種々の条件(空虚時程か充実時程か、動機づけの高低、複数のスケジュールの同時進行による干渉などなど)によって微妙にズレが生ずる。そのズレが「やるべきときにやるのを忘れる」エラーを発生させる。

3-3) プランの実行とヒューマン・エラー

プランニングによって未来の行為系列のスケジュールが内的な表象として形成され、仮に、それがしかるべきときまで適切に保持・想起されたとしても、それがただちに適切な行為を導くことにはならない。なぜなら、表象世界と行為の間は、常に直接的に連結しているわけではないからである。ここに、実行エラーが発生する素地がある。

こうした実行エラーには、まず、表象世界と行為世界での処理速度のズレによるものがある。一般には、表象世界での処理速度のほうが速いので、やるべきことを早くやり過ぎてしまうエラー(プラン先行型のエラー)が多くなる。タイミングのエラーの一つである、先打ちエラー(単語を構成する後のほうの文字を先に打ってしまうエラー)がその例であ

る。

もう一つのエラーは、もっと本質的なもので、表象世界と行為世界を構成する内容の違いによるものである。表象世界は、あらゆる意味において制約がない。したがって、どんなことも表象できる。「机上の空論」が許される。それに対して、行為世界は、厳しい物理的な制約の中で行なわれる。かくして、「思ったとおりに身体が動かない」といった齟齬(エラー)が発生することになる。

4. まとめ

プランニングおよびプラン研究では、内(プラン)と外(行動)とのやりとりをどのようにモデル化するか为中心的な課題である。認知心理学/認知科学の研究のパラダイムが、内(表象主義)から外(状況論的認知)へ、そしてまた内(並列分散処理)へと揺れる中で、プラン研究のパラダイムも揺れてきた。その研究の歴史を素描してみた。

ついで、プランニングおよびプラン研究の歴史を踏まえて、それらとヒューマン・エラーとの関係を、便宜上、プランの生成、保持・想起、実行の3つの過程に分けて考えてみた。

なお、本稿では、プラン/プランニングにおけるエラーが事故に直結しないようにするにはどうすればよいかについては、いさゝか触れなかった。これについて考える際の鍵は、プランニングからその実行までの自己モニタリングと、それを支援する外部での情報環境の最適設計にある。それについては、海保(1993)を参照されたい。

引用文献

Byrne, R.W. 1977 Planning meals; Problem-solving on a real data-base. *Cognitive Science*, 5, 287-332.

- Cohen, G. 1989 Memory in the Real World. Lawrence Erlbaum Associates (川口ら訳「日常記憶の心理学」サイエンス社)
- Gardner, H. 1985 The Mind's New Science -A History of the Cognitive Revolution-, Basic Books, New York. (佐伯, 海保監訳「認知革命」産業図書).
- 海保博之 1993 セルフモニタリングとヒューマン・エラー 現代のエスプリ 1993, 9, 55-64.
- Hayes-Roth, B. & Hayes-Roth, F. 1979 A cognitive model of planning. *Cognitive Science*, 3, 75-310.
- Lichtenstein, E.H. & Brewer, W.F. 1980 Memory for goal-directed events. *Cognitive Psychology*, 12, 412-445.
- Meacham, J.A. & Leimann, B. 1982 Remembering to perform future actions. in U. Neisser (Ed.), Memory Observed: Remembering in Natural Contexts, W.H. Freeman. (富田訳「観察された記憶」誠信書房)
- Miller, G. A. Galanter, E. & Pribram, K. H. 1960 Plans and the Structure of Behavior. Holt, Reinhart and Winston, New York. (十島ら訳, 「プランと行動の構造」誠信書房)
- Suchman, L 1987 Plans and Situated Actions. Cambridge University Press, Cambridge.
- 梅本堯夫 1987 「認知とパフォーマンス」 東京大学出版会
- Wilensky, R. 1983 佐伯胖「行動の発現と実行」より引用(伊東正男・佐伯胖編(1988)「認識し行動する脳」東京大学出版会所収)

—1993. 9. 30受稿—

謝辞

本研究は、原子力安全システム研究所、社会システム研究所の支援を受けて行われた。