



設計における視点形成ダイナミズムの研究(第1報) : 設計行為の説明に基づく視点形成プロセス分析手法 の提案と実践

猪飼, 知宏
吉見, 隆洋
田浦 俊春

(Citation)

精密工学会誌, 66(2):244-250

(Issue Date)

2000-02-05

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90001548>





設計における視点形成ダイナミズムの研究 (第1報) *

— 設計行為の説明に基づく視点形成プロセス分析手法の提案と実践 —

猪飼 知宏** 吉見 隆洋** 田浦 俊春†

A Study of Focusing Dynamism in Design (1st Report)

- A Proposal and Practice of an Analysis Method based on the Explanation of Design Activities -

Tomohiro IKAI, Takahiro YOSHIMI and Toshiharu TAURA

This paper proposes a model of design information which can handle situation around designer and verify its validity by means of design experiment. The authors think design process based on a framework of problem solving does not describe explicitly all of design activities. In order to compensate for this insufficiency, the authors propose a concept of *focusing process* which is clarified by designer's explanation of their problem solving processes. Focusing process is also supposed to be design activities which take a role of extracting information from designer's situation, as well as problem solving process. Based on this concept, design experiments which consist of two sessions are carried out in order to study its structure and characteristics. The authors take advantage of the protocol analysis with the explanation of design activities by means of Q & A showing designer the records of design process on video. Results acquired from two different types of designers are reported. Several common and different patterns of process are found out which support the validity of the concept here.

Key words: design information, design activity, situation, explanation, focus, focusing process, problem-solving process, protocol analysis

1. 序 論

1.1 背景と目的

現代の設計は、複数領域の専門家が協力し、生産等の他部門との同時並行的な活動であることが多い。そこでは、複数の人間による様々な設計情報の共有や再利用が求められる¹⁾。一方で、設計情報の理解や伝達は現在でも困難であり、体系的な支援方法も確立されているとは言えない。この問題の根源的な原因は、設計者の思考プロセスが十分に理解されていないことにあると筆者らは考える。

ところで実際の設計者の思考プロセスは、周囲の環境や過去の経験等の様々な状況に影響を受けていると考えて良いだろう²⁾。しかし、従来の設計者の思考プロセスの考え方では、状況の及ぼす影響を明示的に取り扱っていないために、状況の変化それ自体を知ることが難しい。

こうした考えに基き本研究では、設計情報の共有・再利用の促進への貢献を目指して、状況を明示的に取り扱った上で設計者の思考プロセスを理解することを目的とする。特に本研究では、状況を客観的に存在するものとして取り扱わずに、各設計者なりにとらえるものと仮定する。なぜなら、そもそも状況のとりえ方は各設計者により様々に異なり、常に一意に決められる性質のものではないと予想されるからである。本研究の特徴は、状況をとりえるこの思考プロセスを、視点形成プロセスと呼び、明示的に取り扱う点にある。

本論文では、視点形成プロセスを取り扱い得る設計プロセスを定式化し、その妥当性を設計実験により確認する。

1.2 関連研究と本研究の立場

従来の設計プロセスに関する研究^{3)~5)}では、おおむね設計者の思考プロセスを段階的に構成した問題解決プロセスとして表現している。筆者らも、設計プロセスが部分的に問題解決プロセスと見做せるという立場を支持する。加えて本研究では、これまで明示的に取り扱われてこなかった問題解決の根拠となる設計者の心的状態に注目し、それを設計者によりとらえられた状況として取り扱う。この心的状態は問題解決プロセスの説明の役割を担うと筆者らは考えている。たとえ問題解決の枠組で同じと見做せる設計プロセスであっても、各段階の根拠を尋ねれば、設計者により異なる説明が得られると予想される。この差異は設計者なりの状況のとりえ方の違いを示唆するものであり、問題解決プロセスの背後にある設計者の心的状態を意味していると考えられる⁶⁾。本研究では、設計者が状況をとりえるプロセスを視点形成プロセスと呼び、問題解決プロセスと区別して取り扱う。

思考プロセスを2つのプロセスから構成する代表的なモデルとして、Geneple Model⁷⁾と決定フレーム⁸⁾がある。このモデルでは、創造的活動における生成 (Generative) フェーズと探索 (Explore) フェーズに注目し、とらえられた情報の発想性に基づくフェーズの切り分けを提案している。また、決定フレームでは、背景となる状況をとりえる Contingent Weighting プロセスと局所的な状況を記述する Binary Comparison プロセスの組合せを提案している。

このモデルに対し、本研究では説明 ↔ 被説明の観点から2つのプロセスの関係をとりえる。

以上、本研究の立場を次のようにまとめる。

1. 設計における具体的な作業が設計行為であるのと同様に、作業を導く心的なプロセスも設計行為と考える。
2. 設計プロセスは部分的に問題解決プロセスと見做せると

* 原稿受付 平成11年3月17日

** 学生会員 東京大学大学院 (現、シャープ (株) : 千葉市美浜区中瀬 1-9-2)

*** 学生会員 東京大学大学院 (東京都文京区本郷 7-3-1)

† 正会員 東京大学人工物工学研究センター (現、神戸大学 : 神戸市灘区六甲台町 1-1)

の立場を支持し、各々の問題解決の根拠となる心的状態を設計者によってとらえられた状況と考える。

3. 設計者によってとらえられた状況と問題解決プロセスとは、説明 ↔ 被説明の関係にあると考える。

2. 仮説の整理と用語の定義

定義 1 設計行為 (d_a) とは、設計に関する情報を、内的(心的)にあるいは外的(身体的)に作成したり操作したりする行為を言う。

定義 2 設計行為集合 (D_a) とは、ある設計問題に対する設計者の設計行為全体の作る集合である。

定義 3 設計において問題解決の役割を担う設計行為を、問題解決プロセス (p_s) と呼ぶ。

仮説 1 設計行為集合 (D_a) には、問題解決プロセス (p_s) が必ず含まれる。

定義 4 状況 (S) とは、設計者が設計において利用可能な情報全体の作る集合である。それは、過去に行われた設計行為や、設計対象に関する情報も含む。

仮説 2 問題解決プロセス (p_s) には、その根拠となる状況の部分集合 ($F \subseteq S$) が存在する。F を注視点と呼ぶ。 p_s と F を関係付ける関数を設計行為の説明 (e) と呼ぶ。

$$F = e(p_s)$$

定義 5 一つの設計行為集合 (D_a) に含まれるすべての問題解決プロセス (p_s) に対し、その説明となる注視点 (F) の和集合を設計者の注目していた状況 (S_a) と呼ぶ。

$$S_a = \bigcup F$$

仮説 3 状況 (S) から注視点 (F) を導出する関数が設計行為 (d_a) として存在する。この設計行為を視点形成プロセス (p_f) と呼ぶ。

仮説 2 は、問題解決プロセスの根拠となる注視点、説明によって明示化されるとする仮定である。更に、説明によって明示化される注視点は、設計行為として設計時にも存在しているとの仮定を仮説 3 で述べている。

仮説 4 設計行為集合 (D_a) は、視点形成プロセスと問題解決プロセスから構成される。

$$D_a = \{ p_f, p_s \}$$

仮説 4 は、すべての設計行為が視点形成プロセスと問題解決プロセスのどちらかに識別されることを述べている。以上に述べた定義と仮説の概念図を図 1 に示す。

3. 視点形成プロセスの分析手法の提案

3.1 分析手法

実験的な設計研究として、現在までに数多くの設計実験が行われてきた⁹⁾¹⁰⁾。設計実験とは「模擬的に設計を行わせてその設計行為を何らかの方法で観察すること」¹¹⁾である。多くの設計実験には分析手法としてプロトコル解析が用いられる。プロトコル解析とは、「被験者に課題遂行中に考えたこと

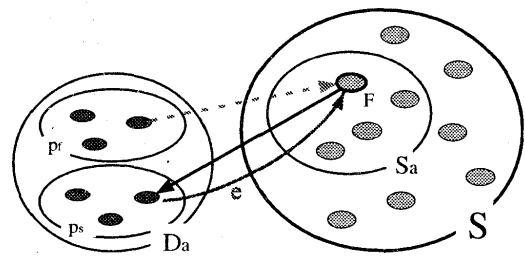


Fig.1 Concept of D_a , p_s , p_f , S , S_a , F , and e

をそのまま声に出して語らせ、その発話内容を記録・分析するもの」で、もともと心理学における実験手法である¹²⁾。

状況をとらえる設計者の思考プロセスに対する実験的な分析手法として、本研究では「設計行為の理由を、設計終了時に設計者に説明させること」に着目する。設計を行う中で、設計者は様々な状況や情報を考慮し活用している。この時、設計者自身「どのように設計を行っていたのか」に関する認知が存在する。このような認知は、心理学では「メタ認知」と呼ばれる¹³⁾。従来のプロトコル解析で獲得される情報は、注意の表層にある情報と考えられるが、本研究では、設計者に説明させることによって、メタ認知を含む設計者の思考の背後に存在するような情報も獲得できると考える。

3.2 記述モデル

設計は、設計対象モデル(設計対象を構造と機能により表現したモデル)を繰り返し操作し、段階的に詳細化することによって進む。本研究では、この設計対象モデルの操作する設計行為を便宜的に「設計作業 (Design Work)」と呼ぶ。

本研究では問題解決プロセスの枠組みとして、武田らの「設計サイクル」¹¹⁾を用いる。設計サイクルとは、設計を問題設定と問題解決を繰り返し行うプロセスとしてモデル化したものであり、問題提起 (Awareness of Problem)、提案 (Suggestion)、展開 (Development)、評価 (Evaluation)、決定 (Conclusion) の5つのステップから構成される。

設計実験から獲得されたデータは、設計作業ごとに「記述モデル」として整理する。記述モデルにおいては、問題解決プロセスの理由となる注視点だけでなく、その注視点の説明となる注視点も取り扱う。この考えに基づき、設計作業を導くプロセスを、設計サイクルの各ステップと注視点をノードとし、それらの間の説明 ↔ 被説明関係を有向リンク (説明項 → 被説明項) とするグラフにより表現する (図 2)。

3.3 注視点の分類

本研究では、1) 設計対象の状態や制約・目標、2) 設計対象に関する知識、3) 周囲に存在する資料や道具、4) 設計対象の使用や廃棄等で想定される状況、5) 過去の類似の経験や将

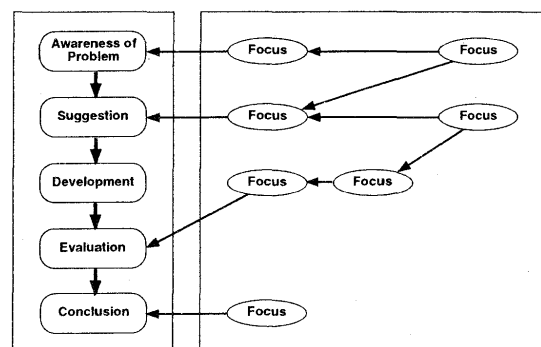


Fig.2 Description model

Table 1 Classification of Focus

		Space aspect					
		Object			Non-object		
		Attribute	Behavior	Others	Event	Resource	Activity
Time aspect	Past	Known structure Known form	Known behavior Abstract behavior	Known topology Connection method	Things Past affair	Specification Past drawings	Experience Preceding activity
	Present	State of design-object	Simulation	Image of manufacturing	Social environment Department	Circumstances Application	Consultation
	Future	Constraint	Requirement Target behavior	Needs of control	Forecast	-	Schedule

来の予定、6) 先行する設計行為等を注視点として取り扱う。

更にこれらの注視点を、表1のように時間的・空間的に分類する。時間的な分類とは、注視点が生じた時刻により分類することを指し、空間的な分類とは、注視点の空間的な位置により分類することを指す。

時間的には過去(Past)・現在(Present)・未来(Future)に分類する。ここで「現在」は一つの設計課題が行われている時間を指す。ただし行為については当該行為のみを現在とする。空間的には「設計対象に関する注視点(Object)」と「設計対象以外に関する注視点(Non-object)」に分類し、更に設計対象に関する注視点を属性(Attribute)・挙動(Behavior)・その他(Others)に、設計対象以外に関する注視点を事象(Event)・資源(Resource)・行為(Activity)に分類する。

3.4 本研究における説明の役割

本研究では、「説明」によって設計者に対し「設計行為の理由」を求める。この時、設計者から得られた説明に対しても更に繰り返し質問し説明を求める(「説明の説明」)。これは注視点を定める視点形成プロセスの理由を獲得するためである。

本研究における説明とは、従来インタビューと呼ばれる分析手法に相当する。通常のインタビューをそのまま設計者の思考プロセスの分析に応用するには、獲得される情報の時間的分解能や再現性に問題がある。この問題を解決するため、本研究では、「認知的インタビュー」¹⁴⁾を用いる。認知的インタビューとは認知的手がかりを与えることで、正確な記憶情報をより多く引き出す手法である。本研究では、設計時の設計の様子を記録したビデオを被験者に見せることで手がかりとする。これにより質問対象となる設計行為が生じた時点特定できるため、時間的な分解能を向上させることが可能となる。更に定量的な分析が可能で再現性を有する分析手法にするため、あらかじめ質問方法等を準備する。これは一般に「構造化インタビュー」と呼ばれる。

3.5 実験手順

実験は2つのセッションから構成される。前半は通常のプロトコル解析に相当する「設計セッション」であり、後半は設計者に設計行為の理由を説明させる「説明セッション」である。

1. 設計セッション

頭に思い浮かんだことを実況中継するような感じで声に出させて設計させる。この時、分析者(筆者)はその側に同席し、続く説明セッションにおいて適切に質問するために、設計プロセスの理解に努める。

2. 説明セッション

設計者に設計時の様子を記録したビデオを見せながら、ある条件(停止条件)を満たすまで繰り返し設計者に質問し、設計行為の理由を説明させる。

3.6 質問方法の設定

質問対象と、質問の言いまわし、および「説明の説明」における質問の停止条件をあらかじめ設定する。

質問対象は、1) 新しい概念、評価、必要性、および目的等の発話、2) 新たな形状・構造・言葉の記述、3) 沈黙、計算、資料検索・参照等の動作とする。

質問の言いまわしの基本形は「どうして～したのか(と思ったのか)」とした。また「説明の説明」においては「どうして～と考えて～としたのか」という形の質問も行う。停止条件は、1) 答えられなくなる場合、2) 質問で得られた回答が既に説明を受けたものであった場合、3) 自明と思われる説明を得た場合の3条件とする。

3.7 データの整理手順

実験で獲得されたデータを次の手順で整理する。

1. プロトコルを起こす

設計セッション、説明セッションの両セッションを記録したビデオから発話内容を文字起こす。

2. 設計作業の特定と設計作業ごとのプロトコル割り当て

設計セッションのデータから設計作業を特定し、その設計作業ごとにプロトコルを割り当てる。

3. 問題解決プロセスの抽出

個々の設計作業に対し、割り当てられたプロトコルから問題解決プロセスにあたるものを抽出する。

4. 注視点の関連づけ

まず、設計セッションで獲得された説明(説明プロトコル)を整理する。説明の内容が、問題解決プロセスの理由となる場合、説明をその問題解決プロセスの注視点として関連づける。更に、説明の内容が注視点の説明となる場合には、その注視点の注視点とする。ある設計行為や注視点の説明自体の中に、説明 ↔ 被説明関係が存在する場合には、その説明を分析者の判断で複数の注視点に分割する。また、同一の問題解決プロセスや注視点を表現したと考えられるプロトコルがある場合には、分析者の判断で同一のものとして取り扱う。続いて設計時の発話(発話プロトコル)の中で、問題解決プロセスの理由となっているものがあれば、その設計行為の注視点として分析者が関連づける。上記の手順において整理されなかったプロトコルは、記述モデルには表現しない。

5. 注視点の分類

注視点を時間的・空間的に分類する。

3.8 設計実験の設定

設計課題は、1) 機能が明確であること、2) 機構が未知であること、3) 専門的な知識を必要としないこと、等を考慮し「トランプシャッフル」とした。トランプシャッフルとは、そろえて重ねられているトランプの順序をバラバラに混ぜる機械のことである。設計セッションは1時間30分、説明セッションは3時間とした。設計時に設計者に与えるものとして、方眼紙と白紙、筆記用具、簡単な製図用具、トランプとそのケース、参考資料を準備した。

実験の被験者は電気機器メーカーに勤める熟練の機械設計経験者（経験者）と機械工学を専攻する学生（学生）とした。

4. 実験結果と分析

4.1 実験データの整理例

図3、図4に学生の14番目の設計作業にかかわるプロトコルを示す。図3は設計セッション時の発話（発話プロトコル）、図4は説明セッション時の質問（Q）と説明（A）のやりとり（説明プロトコル）である。

[1] ひっくり返さずシャッフルしたい

[2] ここでまたボタン登場

[3] ボタンでAを押さえる

Fig.3 Think-aloud protocol in design session

- [Q1] [4] ひっくり返さずシャッフルというのはどうしてそう思ったのですか？
- [A1] [5] こんなことやって、こんなことやるのは、[6] エレガントではない。
- [Q2] どうして [7] ボタンというのが出てきたのですか？
- [A2] [8] 何か押さえておくもので [9] できるだけコンパクトなもの。ここで例えば、[10] 板を入れるような押さえ方もあるのでしょうかけれども、今、[11] ずれなければ良くてずらしたくない。
- [Q3] 押さえておくというのはどうして [12] 押さえておくと考えたのですか？
- [A3] これで [13] 押さえておけば [14] 天地逆までしなくてもAをズッと押さえておいてこれで [15] ガンとやればできる。もしこれがないと [16] シャットとやった時に [17] Bが結局Aの下に落ちてしまうかも知れないということで [18] まざらなくなるから [19] 押さえておこうという。
- [Q4] [20] 押さえておくのが [21] ボタンというのはどうして？
- [A4] [22] 機構として部品が小さそうで場所を食わないから押さえておくだけなので、押さえるのにまた [23] 板とか足すのは嫌だな、ということで [24] 一瞬押してすぐ離せるようなボタンがいいかな。
- [Q5] どうして [25] 小さくしようと思ったのですか？
- [A5] [26] ゴツイのは嫌だということ [27] 無駄なものが沢山ついているのは重くなる。
- [Q6] どうして [28] ゴツイのは嫌だと思ったのですか？
- [A6] 今回は、[29] コンパクト性を重視して作ったので。
- [Q7] [30] ボタンというのはここではどういう意味ですか？
- [A7] [31] ボタンを使うというのは [32] 却下してあって [33] でもやっぱりボタン使わないといけないということで、[34] 時間の関係で [35] 取りあえずつけるということになったのですが。

Fig.4 Explanation protocol in explanation session

まず、図4を元に、実際の実験で、どのように質問と説明が行われたのかを見る。全部で7つの質問が行われているがこの内、[Q1]、[Q2]、[Q7]は発話内容に対する質問であり、[Q3]～[Q6]は説明に対する質問である。実験前に設定した通り「説明の説明」が行われている。

続いて、実験データの整理例を説明する。図3と図4は3.7節の第2ステップが終了し第3ステップを行う段階である。まず、[1]のプロトコルは、この問題を解こうとして「ボタンを付ける」という設計作業を行っているので問題提起ステップと判断される、[2]はその問題提起に対する解候補を提案しており提案ステップとなる。また[10]も代替案による説明であるので、提案ステップとなる。[22]はその評価ステップと判断される。続いて3.7節の第4ステップの手順を説明する。[8]と[9]のプロトコルは、[7]の提案に対する説明であるので、ともに[7]の注視点となる。このように、説明↔被説明関係によって注視点が関連づけられる。

記述モデルに基づいた設計者の思考プロセスの整理例を図5に示す。

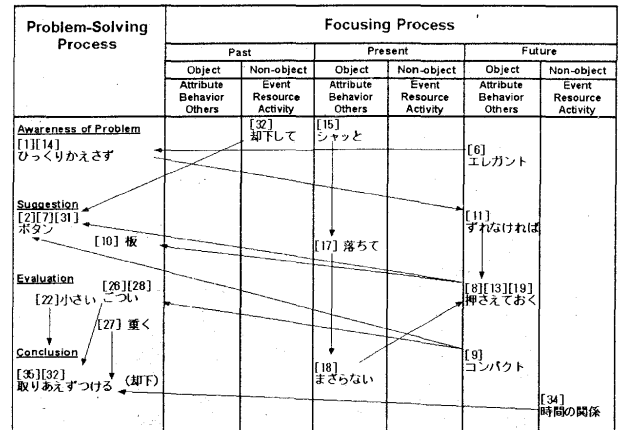


Fig.5 Example of description model

Table 2 Content of captured protocol

Time	Space	Content	Protocol
Past	Attribute	Known structure	カードプリンタ、大体5ミリ
	Behavior	Past trouble	大抵回転させる
Present	Others	Manufacturing method	押し出しで、加工ができない
	Event	Things	旅行、ここでシェイカー、子供仕様
Future	Resource	Specification	スケルトンのつくり、昔こういう
	Activity	Experience	この嗜好では、反対側みたいに一緒に動く、ぶつかるだろう
Present	Attribute	Focused attribute	左右に振るだけでは、ローラ入れて
	Behavior	Simulation	機能的、エレガントでない
Future	Others	Manufacturing procedure	ケースを参考に、CADだったら
	Event	General taste	参照までに、センサはいいのか
Future	Resource	Using tools	コンパクトにしたい、右になくは
	Activity	Consulting analyst	挟むには、支えられるように
Future	Attribute	Constraint	両側からギヤ入れる
	Behavior	Target behavior	該当プロトコルなし
Future	Others	Control procedure	時間がない
	Event	Time schedule	
Future	Resource		
	Activity		

4.2 実験結果の概略

表2に実験で観察された注視点の一部を示す。

経験者の設計成果物を図6に示す。これは1) ローラで送って2つの束にする、2) L字型で横から押さえて一つの束に戻すという一連の作業を繰り返しシャッフルする機構である。

表3に、設計作業数、問題解決プロセス数、視点形成プロセス数、注視点から問題解決プロセスへの遷移数、注視点間の遷移数を示す。括弧内は、各度数を設計作業数で割ったものである。表3を見ると、経験者の方がより多くの設計行為が獲得されているが、逆に一つの設計作業に関連する設計行為では学生の方が多い。この結果は、経験者はてきぱきと詳細部分まで設計し、学生は思考錯誤をしながら設計を行ったという分析者の印象と一致している。

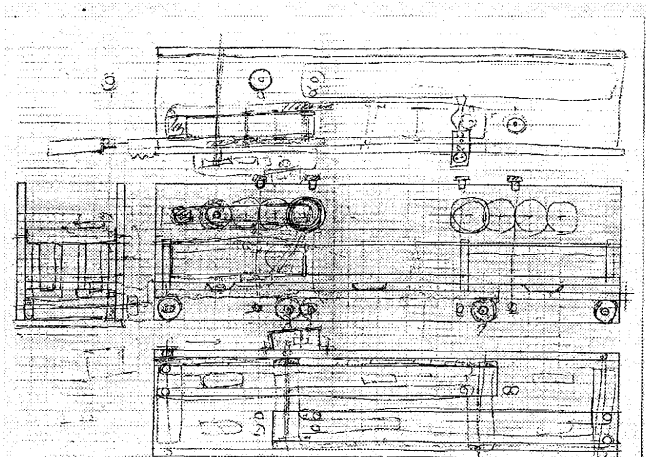


Fig.6 Final drawing (Expert)

Table 3 Result of design process

	Design Work	Problem-Solving Process	Focusing Process	Transition from Focus to Problem-Solving Process	Transition from Focus to Focus
Expert	80(1)	272(3.4)	354(4.4)	210(2.6)	168(2.1)
Student	26(1)	119(4.6)	227(8.7)	127(4.9)	121(4.7)

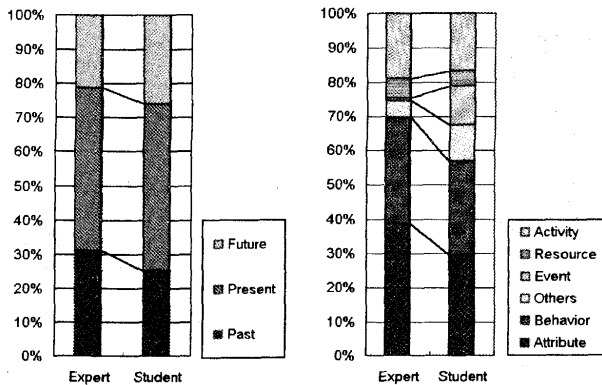


Fig.7 Static structure of 'Situation of Attention'

4.3 注目していた状況の静的構造

図7は、注視点を時間的、空間的に分類し集計したものである。注視点の時間的内訳を見ると、現在に分類される注視点（以下「現在」と呼ぶ。過去・未来も同様）の割合は被験者間でほぼ等しいが、過去の割合は経験者の方が少し高く、逆に未来の割合では学生の方が高いことが分かる。一方、注視点の空間的内訳から設計対象以外（事象+資源+行為）に関する注視点もかなりの程度（25～32%）とらえられていることが分かる。

更に詳細に分析すると、1) 設計対象に分類される割合は学生と比較して経験者の方が高いこと、2) 事象の割合では逆に学生の方が高いことが分かる。この相違は、経験者になると設計対象内の世界だけで基本的には設計を組み立てることができること、そして学生の場合、設計対象に関する経験や事例知識が少ない分、日常的概念知識を利用することで補っているものを示すと考えられる。

4.4 注目していた状況の動的構造

続いて「注視点から問題解決プロセスへの遷移」と「注視点間の遷移」について、まず、被験者間で共通した特徴を明らかにし、次に被験者間で異なる特徴を分析する。図9は、「注視点から問題解決プロセスへの遷移」について注視点の時間的内訳と空間的内訳を示したものである。表4と表5、および図8は「注視点間の遷移」について分類した結果である。

(1) 被験者間で共通する特徴

図9から、まず問題提起ステップと評価ステップへ遷移する前の注視点は、他の問題解決プロセスと比較しても現在の割合が高いことが分かる(a, b)。また、逆に決定ステップは、未来から遷移する割合が高いことが分かる(c)。一方、問題提起ステップへ遷移する注視点では、挙動の割合が高いことが分かる(d)。問題解決ステップへの遷移に関する上記の結果は、設計対象をシミュレートすることによって新たな問題が提起されることを示すものと考えられる。

図8からは、過去から遷移する割合と、過去へ遷移する割合を比較すると、過去から遷移する割合の方が高いこと(e)が分かる。また、属性に関する注視点では、属性へ遷移する方が属性から遷移するよりも多く(f)、逆に行為に関する注視点ではそこから遷移する方が、そこに遷移するよりも多いこと(g)が分かる。このように注視点から注視点への遷移において、あ

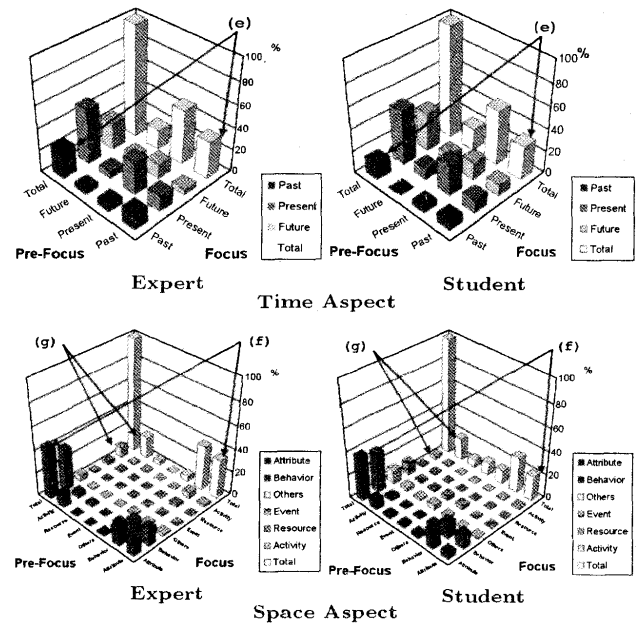


Fig.8 Transition from Focus to Focus

Table 4 Transition from Focus to Focus (Time Aspect)

Focus	Expert			
	Past	Present	Future	Total
Past	24	11	8	43
Present	24	49	11	84
Future	8	22	11	41
Total	56	82	30	168

Focus	Student			
	Past	Present	Future	Total
Past	11	7	1	19
Present	14	34	12	60
Future	12	19	11	42
Total	37	60	24	121

Table 5 Transition from Focus to Focus (Space Aspect)

Focus	Expert						
	Attribute	Behavior	Others	Event	Resource	Activity	Total
Attribute	26	27	2		1	20	76
Behavior	25	22	3		3	8	61
Others	3	2	3			1	9
Event		1					1
Resource		4				2	6
Activity	3	9			2	1	15
Total	57	65	8	0	6	32	168

Focus	Student						
	Attribute	Behavior	Others	Event	Resource	Activity	Total
Attribute	7	19	4	3	3	11	47
Behavior	15	17	4	1	1	4	42
Others	1		2	5	2	4	14
Event	1		4	4	2	2	13
Resource						1	1
Activity	2	1				1	4
Total	26	37	14	13	8	23	121

る注視点に遷移する割合と遷移される割合が異なるということは、注視点の役割として、他の注視点や問題解決プロセスに能

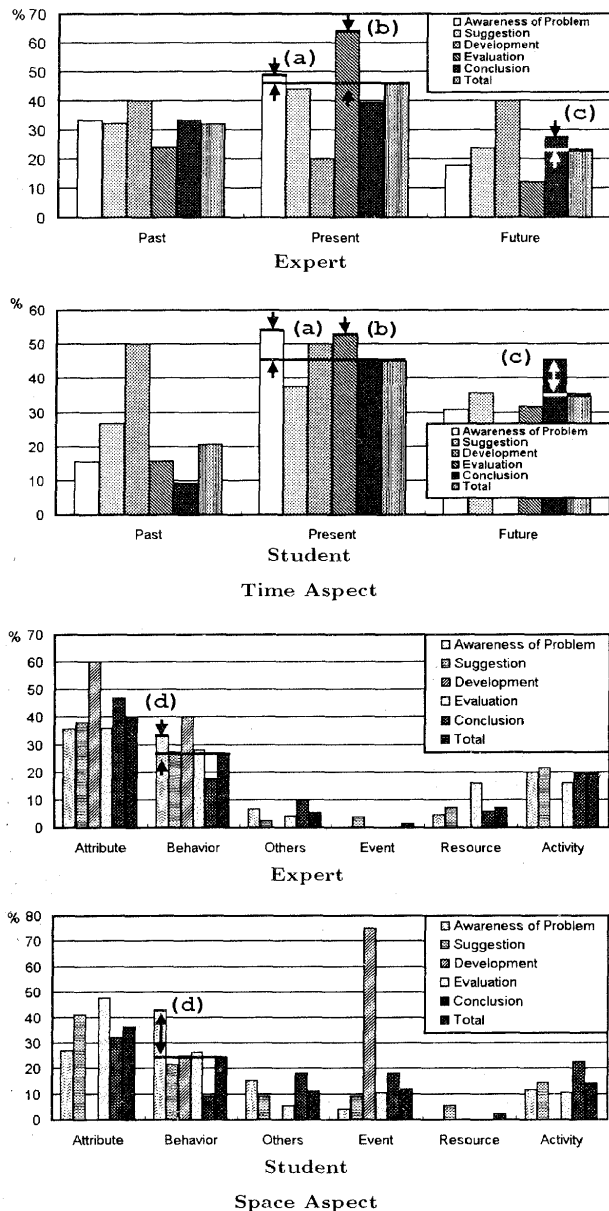


Fig.9 Transition from Focus to Problem-Solving Process

動的に機能するものと、他の注視点から受動的に遷移されるものの2通りが存在することを意味している。例えば、過去や行為に関する注視点は能動的に機能し、属性に関する注視点は両者の役割を持つものと考えられる。

このように、本分析手法から、全く異なる経験や知識を持つ設計者の間に共通した特徴が獲得された。この結果は、一般的に想定される設計者の思考パターンに合致している。

(2) 被験者間で異なる特徴

再度、図9に注目する。学生の場合、経験者と比較して問題提起ステップと決定ステップへの遷移において過去の注視点から遷移する割合が低いことが分かる。これは学生の場合、特にどのような問題を考慮する必要があるのかを考えるための過去の経験が不足していることを示すものと考えられる。

一方、図8からは、特に未来から過去への遷移において、経験者の方が学生と比較して特に高いことが分かる。これは、目標挙動や属性制約に係る過去の注視点に注目することの程度の違いに起因するものであり、被験者間の経験の違いを表すものと考えられる。

(3) 代表的な注視点の遷移パターン

代表的な注視点の遷移パターンとして、3つの問題解決プロセスおよび注視点の間の遷移(3つ組)において比較的多く観察されたものを抽出する。図10に、経験者と学生とで合わせて3回以上観察された3つ組を同じノードに対して重ね合わせたものを示す。

図10より、代表的な遷移パターンのほとんどにおいて、現在の設計対象に分類される注視点がかかっていることが分かる。この結果は、設計者の思考プロセスにおいて、特に現在の設計対象に関する注視点が基本的な注視点であることを示すものと考えられる。

一方で、現在の資源に関する注視点は、評価に遷移するパターンで、過去の属性に関する注視点は、提案と決定へ遷移するパターンで注目されていることが分かる。これは評価を行う際には、道具を使用することによって要求機能を確認し、候補の提案や解の決定に関して過去の設計経験が重要な役割を果たすことを示していると考えられる。

(4) 設計対象以外に関する注視点に関わる遷移パターン

図11は、設計対象以外(事象+資源+行為)にかかわる注視点の遷移パターンを示したものである。ここでは、経験者と学生とで合わせて2回以上観察されたものを同一ノードに対して重ね合わせて示した。

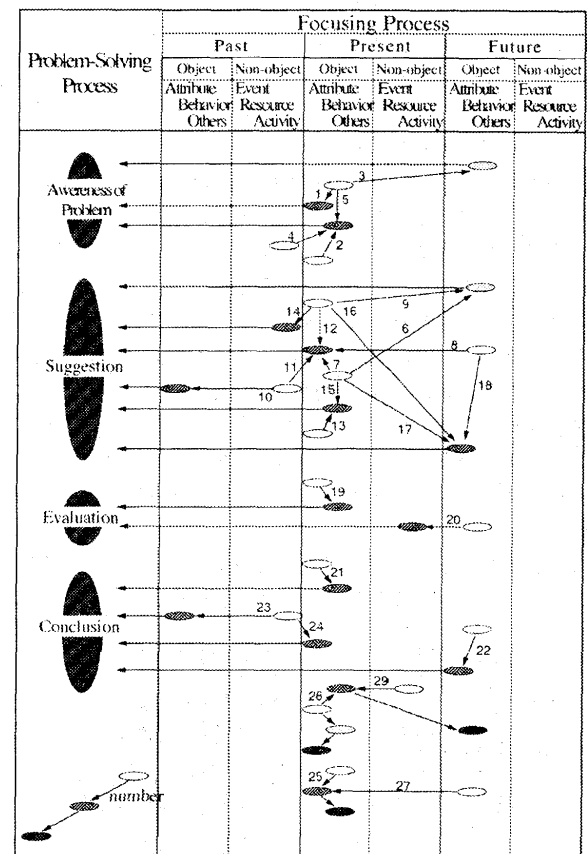


Fig.10 Typical patterns of design activity transition

図11から、設計対象以外の注視点への遷移では、おおむね、未来から過去方向の時間軸に沿って注視点が遷移しているのに対し、設計対象以外の注視点からの遷移においては、逆に、おおむね過去から未来方向の時間軸に沿って注視点が遷移していることが分かる。

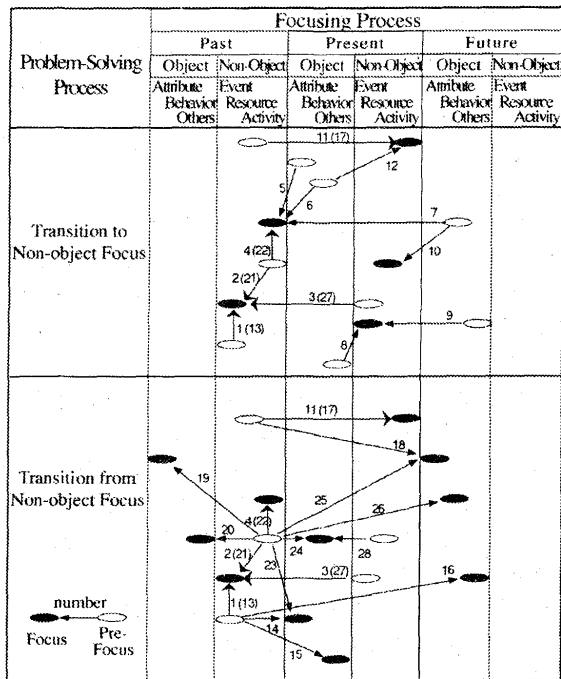


Fig.11 Transition patterns about non-object Focus

この結果は、過去の注視点がより確定的で具体的な注視点であり、未来の注視点がより抽象的で曖昧なものであることを考慮すると、設計対象以外の注視点とは、それに注目することによってより具体的な情報を獲得することに役立つことを意味しているものと考えられる。

4.5 分析手法の有効性

図12は設計行為がどの情報源から獲得されたのかの内訳を示したものである。この図から、視点形成プロセスに関する情報は説明から獲得される割合が高いこと、および問題解決プロセスに関する情報においても説明を獲得源とする割合が高いことが分かる。この結果は、視点形成プロセスに関する情報を獲得する場合に、特に説明を用いることが有効であることを示すものである。また、説明で獲得された情報からは、設計時には発話されなかった比喻に用いた概念や、過去の経験についての状況が多く獲得された。この結果は発話では省略されやすい様々な情報の利用や状況の想定に関して説明を用いることの有効性を示すものである。

また、前節の分析で基本的には被験者間で共通した特徴が得られ、しかも、その特徴が一般的に想定される設計者の思考パ

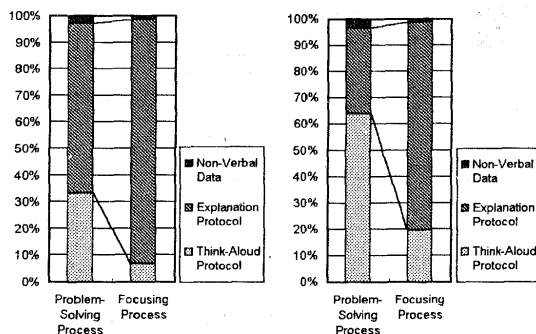


Fig.12 Source of Captured Design Activity

タンに合致していることは、本分析手法の妥当性に対して根拠を与えるものと考えられる。従って、獲得される情報量とその内容において本分析手法の有効性が確認された。

5. 結論と今後の課題

5.1 結論

本論文では、設計者の状況を取り扱い得る設計プロセスを定式化し、定式化した設計プロセスの妥当性を設計実験によって確認した。設計実験では、従来のプロトコル解析に加え、説明を手がかりとして設計者の心的状態を探った。経験の全く異なる二人の被験者による設計実験の結果において、1) 設計プロセスにおいて一般的と考えられる共通した特徴が存在し、かつ、2) 被験者間の差に対応すると考えられる異なった特徴が抽出されたことから、一般的な設計プロセスを整合的に表現する手法の一つとして妥当と考えられる。またこれらの結果は、設計行為の説明を整理して得られたものが、状況を各設計者なりにとらえたものを意味するとして本研究の仮説を支持し得ると考えられる。

また、本研究で提案した説明に基づく設計プロセスの分析が、実験手法の一つとして有効であることを示した。

5.2 今後の課題

本論文では、二人の被験者で設計実験を行ない分析結果を比較した。二人が機械設計に携わってきた期間を鑑みて、分析結果は経験の差を良く反映していると考えられる。その一方で、個人差の存在も否めないため、より多くの被験者による設計実験を行い個人差に起因するばらつきを補正する必要がある。

本論文で報告した分析により、設計者が状況をとらえる思考プロセスの概略は、いくらか解明されたものの、視点形成プロセスと問題解決プロセスの関係については更なる分析が必要と考えられる。例えば、図5では、視点がおおむね問題解決プロセスの説明となっている一方で、問題解決プロセスが注視点の説明となっているものも一部存在している。このことは、視点形成プロセスと問題解決プロセス間の相互作用の存在を示唆している。筆者らは、この相互作用のメカニズムを探るべく計算機によるシミュレーションを現在行っている。将来的に、これらの検証を踏まえた上で、新たな設計支援環境の構築を目指している。

参考文献

- 1) D.K.Sobek II, J.K.Liker and A.C.Ward: Another Look at How TOYOTA Integrates Product Development, Harvart Business Rev., July (1998).
- 2) T.H.Davenport: Integrating Knowledge Management into the Organization, Harvart Business Rev., August (1999).
- 3) H.Takeda, P.Veerkamp, T.Tomiyama, and H.Yoshikawa: Modeling Design Processes, AI Magazine, 11, 4, (1990)37.
- 4) 野口尚孝, 土川 宏: 実験に基づいたデザイン思考過程に関する考察, デザイン学研究, 13, 1, (1996)11.
- 5) 黒川 篤: 設計という名の問題解決, テクノライフ選書, オーム社, (1997).
- 6) 土屋 俊: 心の科学は可能か, 東京大学出版会, (1993).
- 7) R.A.Finke, T.B.Ward and S.M.Smith: Creative Cognition, The MIT Press, (1992).
- 8) A.Tversky and D.Kahneman: The Framing of Decisions and Psychology of Choice, Science, 211, Jan. (1981).
- 9) N.Cross, K.Dorst: Research in Design Thinking, Delft University Press, (1991).
- 10) N.Cross, H.Christiaans and K.Dorst: Analysing Design Activity, John Wiley & Sons, New York, (1996).
- 11) 武田英明, 富山哲男, 吉川弘之: 知的CADの開発のための設計過程の分析と論理による定式化, 精密工学会誌, 57, 6, (1991)1047.
- 12) 海保博之, 原田悦子: プロトコル分析入門, 発話データから何を讀むか, 新曜社, (1993).
- 13) 市川伸一: 認知心理学4, 思考, 東京大学出版会, (1996).
- 14) 吉村浩一: 心のことば, 心理学の言語・会話データ, 培風社, (1998).