

# 手描きとCADにおける作業時の思考の差異に関する研究

2007年度 卒業研修

設計・情報 研究室  
G044010 越善 滋晴

# 目次

第 1 章 序論	3
1-1. 研究の目的と背景	4
1-2. 建築分野における C A D	5
1-3. C A D の問題点	6
第 2 章 関連する研究分野	7
2-1. はじめに	8
2-2. 認知心理学	9
2-3. 道具の使いやすさ	11
2-4. 既往研究	13
第 3 章 製図作業についての分析	15
3-1. はじめに	16
3-2. 本調査の位置づけ	17
3-3. 手描きの製図作業と思考	18
3-4. C A D での製図作業と思考	19
3-5. 調査の手法	21
3-6. 調査の結果	25
3-7. 考察	36
第 4 章 手描き作業時の思考と C A D 機能の関連性	37
4-1. はじめに	38
4-2. 手描きと C A D の差異	39
4-3. 差異が生じる原因	40
第 5 章 まとめ	42
5-1. 研究の総括と考察	43
5-2. 今後の展望	44
参考文献	45
謝辞	46

## 第 1 章. 序論

## 1-1. 研究の目的と背景

現在、CADはコンピュータで図面を描くソフトとして普及している。しかし、CAD機能は、ユーザのためのデザインに熟達していない技術者やプログラマーが作成することが多いため、プログラムの組みやすさから作られている。そのため、現在のCADは、人間ではなくコンピュータによる図形描画を中心としたつくりといえる。このことから、使う人が手描き製図とCAD製図の作業の違いに対処しにくく、CADもそのことに対する配慮が難しい。そのため、ユーザにとって使いやすさを考えて作られたものになっているとはいえない。

CADには複線や多角形など図面を描くための機能が数多くあり、その機能は製図の知識だけで使うことは難しい。そのため、CADを使うには製図の知識をそのまま活用することができず、さらに使用方法を学習しなければならない。このことから、CADは使い易い道具とは言い難い。手描きの作業とCAD操作の差異が少なくなるほど、CADは使いやすい道具に近づくと考えられる。

そこで、本研究は手描き製図とCADでの製図の作業の特徴を分析し、手描きの製図とCADでの製図の違いからCAD製図の問題点を明らかにする。

## 1-2. 建築分野におけるCAD

CADはコンピュータ援用設計とも呼ばれ、コンピュータを用いて設計をすること。またはコンピュータによる設計支援ツールのことである。

CADを「コンピュータを用いた製図システム」と解する場合は Computer Assisted Drafting, Computer Assisted Drawing を指し、同義として扱われることが多い。

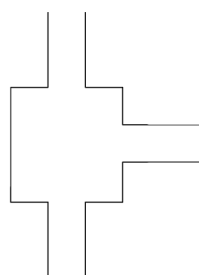
設計対象や目的により CADD(Computer-Aided Design and Drafting;製図)、CAID(Computer-Aided Industrial Design; 工業デザイン)、CAAD(Computer-Aided Architectural Design;建築設計)などと区分される場合もある。

2次元製図システムは1960年代にSketchpadを原型として生まれた。Sketchpadは1963年、アイバン・サザランドが作成したコンピュータプログラムである。ユーザが元の図形に変更を加えると、他の全ての図形が同じように変形される。Sketchpadは図形の幾何学的属性に簡単に制約を加えることもできる。例えば、直線の長さや2つの直線の交わる角度などである。

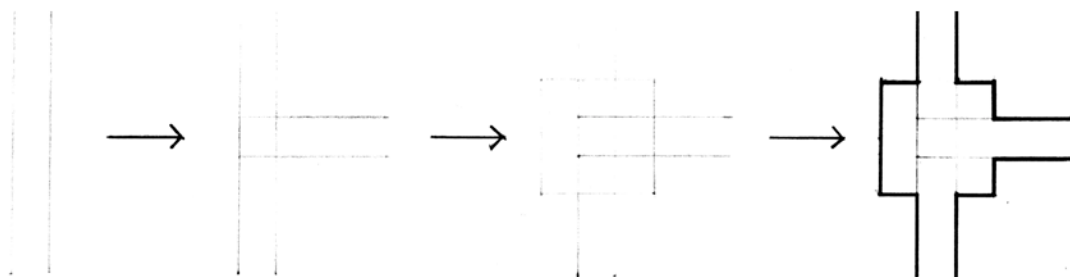
CADは1970年代に入るところから建築の分野で試作されはじめ、1980年代からパソコンの普及とともに製図道具として、またはプレゼンテーションの道具として使用されるようになった。現在、図面変更の省力化や精度などの品質向上の面で効果が出てきたことにより、製図道具として広く普及している。

### 1-3. C A D の問題点

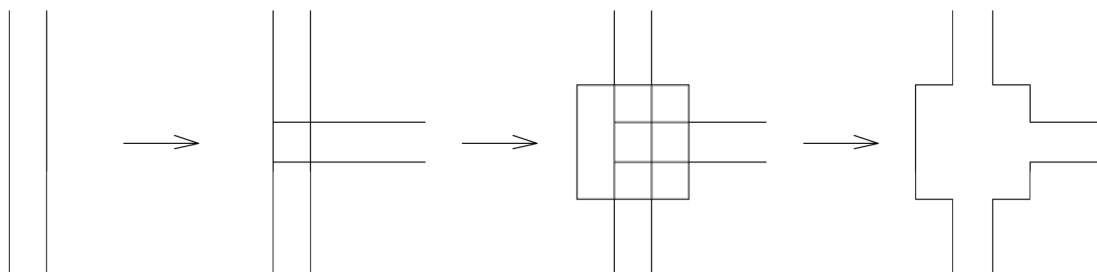
C A D は建築製図の道具として普及しているが、設計者が自ら C A D を使用するのではなく、C A D オペレーターが図面を作成する場合も多い。その理由として、図形を描くための複雑な工程（図 1）があげられる。目的とする図形を描くために必要な作業は C A D と手描きで違う。図形を描くために必要な線をそのまま描く手描きに比べ、C A D は必要のない線まで描くことが必要な場合が多い。目的と結果は同じだが、作業過程に差異が見られる。これは、C A D が人間の製図作業と切り離されて作られたためだと考えられる。



描こうとしている図形



手描きで図形を描く工程



C A D で図面を描く工程

図 1 図形を描くための複雑な工程の例

## 第 2 章 関連する研究分野

## 2-1. はじめに

本研究の関連する分野としては、認知心理学および道具に関する研究があげられる。認知心理学では人間の知覚の仕組みについて示す。そして認知心理学の視点から使いやすい道具に必要な要素を考察し、現在のCADと比較する。



## 2-2. 認知心理学<sup>文1,文2</sup>

認知心理学にはアフォーダンス理論という考え方がある。アフォーダンス理論はアメリカの認知心理学者ジェームス・ギブソンによって 1960 年に完成された。アフォーダンスとは afford (～を与える) に接尾語-ance を加えた造語で、「物」が「生物」に対して与える動作の可能性についての情報のことである。アフォーダンスの概念を図 2 に示す。

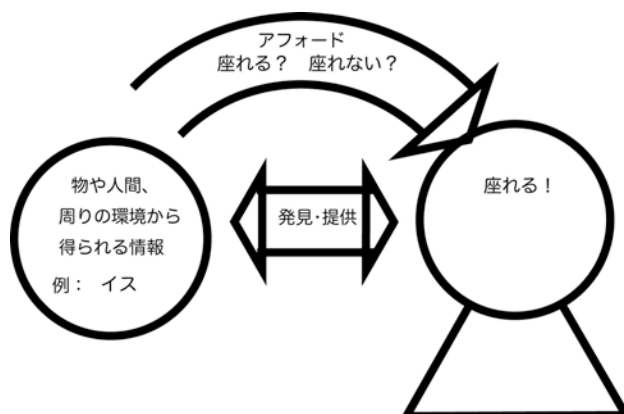


図 2 アフォーダンスの概念

製図作業では、図面からアフォードされた情報を基に必要な作業を判断し、実行に移る。手描きの場合、判断した作業をそのまま実行に移す。CADの場合、判断した作業を、CADからアフォードされた情報を基に判断した操作方法に置き換えて実行する。このように環境から提供される情報をもとに判断し知覚するという考え方をアフォーダンス理論という。

アフォーダンスは環境の中にあり、刺激のように押しつけられるのではなく、知覚者が発見し獲得するものである。それは、目、耳、鼻のように部分的なマイクロ受容器ではなく、それらが組み合わさってマクロに組織化された身体全部によって知覚されている。

手描きとCADの違いは、それぞれがアフォードする情報が違うために生じると考えられる。それぞれの差異を明らかにするためにアフォーダンス理論から作業の性質を考える。

また、ドナルド・ノーマンは著書<sup>文3</sup>の中で道具はそれを使ってどのような行為を行うことができるのかわかるようにリアリティーを考慮し、デザインしなければならないと著している。つまり、ものではなく環境をデザインし、形ではなく知覚されることをデザインすべきということである。

CADはデザインされた環境などが、手描きとあまり関連がないので作業に差異が生じる。CADと手描きそれぞれで、環境や知覚できることを比較することで差異が生じる原因が見えてくると考えられる。

認知心理学という学問では、人は環境から対象となるものを発見し、その対象となるものから情報をピックアップして知覚していると考えられている。意識していないが周りのもの全てが情報であり、人は情報に囲まれている。

人は道具からも情報をピックアップし、道具を知覚する。道具の使い方の情報がピックアップできなければ、使い方を知ることができない。間違った情報をピックアップすれば間違った使い方をする。人が道具に合わせるのではなく、人に合わせた道具が作られることが望ましい。

つまり、手描き作業とCAD操作の差異が少なくなればCADは使いやすい道具になると考えられる。

### 2-3. 道具の使いやすさ 文3, 文4, 文5

人は道具を使う際にメンタルモデルを形成する。メンタルモデルは環境に対して人が持つモデルである。メンタルモデルにはデザインモデルとユーザの持つモデルとシステムイメージの三つの側面がある(図3)。デザインモデルは、システムを概念化したものである。ユーザのもつモデルは、システムの挙動を説明するために作り上げたモデルである。システムイメージとはマニュアルや教示など、目に見える構造の部分である。

理想的なメンタルモデルとは、ユーザのもつモデルとデザインイメージが同じ状態になることである。人はメンタルモデルを、経験や訓練、教示などを通して身につける。メンタルモデルの多くは、道具のふるまい方と目に見える道具の構造を解釈することによって形成される。システムイメージが不適切だとユーザは道具に対して間違ったモデルを持ち、簡単に使うことが出来ない。

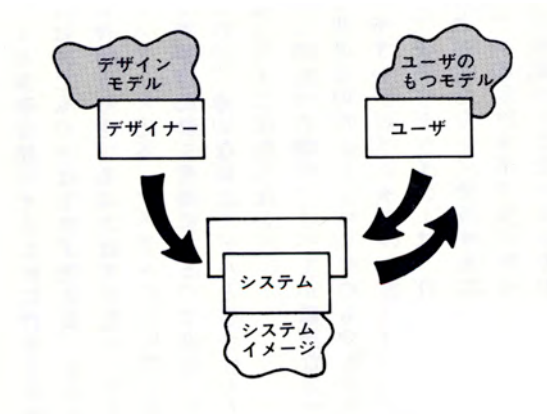


図3 メンタルモデルの三つの側面

手描き製図に対してもつユーザのモデルとCAD製図のデザインモデルとの間の関連性が弱いためにそれぞれの作業に差異が生じると考えられる。

また、コンピュータシステムの分野ではデザインにおける問題が多く発生している。コンピュータ製品をつくるにあたって本職のデザイナーが参加することは少なく、ユーザのためのデザインに熟達していない技術者やプログラマーの手にデザインが任されることが多い。

コンピュータとユーザのやりとりはプログラマーの専門分野ではない。そのためユーザへの配慮はされていない。現在使われているアプリケーションプログラムは様々な機能を持っているが、その全てが使われることは少ない。コンピュータにとっての必要性やコンピュータのプロにとっての意味はあるが、普通のユーザの場合は一貫性と意味がないため、必要性を理解することができない。

CADには様々な機能があり、似ている機能や組み合わせによっては同じ結果をもたらす機能もある。そのため、CAD製図の過程は複雑になりやすく、単純な手描き作業との間に差異が生じる。

道具を使いやすくするためには、操作と操作の結果が関連していることが必要である。そこで重要なのが可視性とフィードバックである。可視性とは関係する部分を目に見えるようにすることである。フィードバックとは、どのような行為が実際に遂行され、どのような結果が得られたのかに関する情報をユーザに送り返すことである。初めて使う道具でも、できることのすべてが目に見えていて、コントロール手段とその表示が適切であれば正しく使うことができる。つまり、可視性とフィードバックがきちんとしていて、それらが自然な対応づけを十分に使用していればその道具は使いやすくなる。

エラーへの対策も必要である。人は必ずエラーをするため、道具に必要なことはエラーを回避する方法よりも、エラーに対する措置である。起こる可能性のあるエラー全てに対策をしておく。そのほかに、行った操作を元に戻すことができることと、エラーの結果が重大ではないようにすることが必要である。

現在のCADは可視性とフィードバックが十分ではない。CADの機能は見ただけで全てを把握することは難しい。また、機能と手描きの作業の対応づけも自然ではない。そのため、CAD使用の際は手描きに比べ別の知識と余分な思考を必要とする。

## 2-4. 既往研究

建築分野におけるCADの利便性を向上させるための研究として、設計作業に基づいてCADシステムやCAD機能を開発する研究が行われている。

両角らは、『プログラミングステージとデザインステージを融合する機能～企画設計支援CADシステムの開発研究 その1～』<sup>文3</sup>（日本建築学会大会学術講演会梗概集 1996）で企画設計段階に着目し、設計で扱われる検討項目として機能、形態、経済をあげている。企画設計段階を、形態を思考するデザインステージと機能や経済を思考するプログラミングステージに分け、CADによるプログラミングステージからデザインステージへの展開を可能にするCADシステムの考察をしている。

その結果作られたCADシステムは図形操作や変形が容易で自由なので、企画設計段階の思考になじみやすいと考えられ、同時にプログラミングステージからデザインステージへの展開の可能性を持っていると述べている。

設計をするという観点からCADシステムをつくるということが行われていて、人の設計時の思考に合わせてCADシステムをつくっている。CADシステムを設計時の思考に合わせることで、設計におけるCADの使いやすさや向上させている。

また、『建築空間の3次元デザインにおけるコンテナ概念の利用～企画設計支援CADシステムの開発研究 その2～』<sup>文4</sup>（日本建築学会大会学術講演会梗概集 1996）で3次元デザインを支援する機能の作成を目的とした研究を行っている。建築部材を仮想的な箱（以下：コンテナ）に入っていると考え、建築部材を最も基本的な直方体のコンテナとして生成させるコマンドとコンテナの中に複雑な部材図形（以下：内部図形）を定義するコマンドを作成した。

結果として、平面上のデザインのフェーズから立体的な建築空間を検討するフェーズへの展開が容易になり、コンテナという機能を用意したことで、立体的な建築空間の検討が思考の抽象度に応じて可能になったと考えられると述べられている。

CADで3次元デザインをするという観点からCADの機能をつくっている。3次元デザイン時の思考に合わせた新しい機能を追加することにより、設計におけるCADのつかいやすさを向上させている。

これらの研究では設計作業の性質や思考を基にして、CAD側の足りない部分を補って使いやすい道具へと変える試みがなされている。このことから、CADの利便性の向上をはかるには設計作業の性質や人の思考と、CADで

の作業との差異を見つけ出し人間の作業と関連性を持たせることが重要であると考えられる。

本研究では、建築製図の道具としてCADをつかいはやくするために、手描き製図とCAD製図における差異に着目し、CAD製図の問題点を考察する。CADを使いやすい道具にするには、手描き作業の過程とCADの操作方法の相違が重要である。CAD使用時には、手描き作業時に比べ余分な思考を必要とする。作業時の思考は作業の内容に反映される。そのため、手描きとCADの思考過程は、作業の違いとして現れると考え、その差異について作業を記録し、作図の順序や作図のための補助作業について分析を行う。

### 第 3 章. 製図作業についての分析

### 3-1. はじめに

前章にて、C A Dの使いやすさ向上には、設計作業の性質や人の思考と、C A Dでの作業との差異を見つけ出し、人間の作業と関連性を持たせることが重要であることが既往研究より読み取れた。このことから、手描き製図とC A D製図の差異を明らかにすることがそれぞれの作業に関連性を持たせる上で重要になる。

本章では、手描き製図とC A D製図の差異を明らかにするために、それぞれの作業の性質について分析する。手描きとC A Dそれぞれの作業を記録し、その工程と思考について分析することで、手描き製図とC A D製図の作業の差異を明らかにする。



### 3-2. 本調査の位置づけ

製図作業にはエスキースや設計図面の清書、パースなど色々な種類がある。本調査では、その中でも現在CADで行う場合が多く、単純な作業のため作図時の思考を抽出しやすい図面のトレース作業について分析をする。

調査を行うにあたり、トレース作業の流れを仮定する（図4）。図面のトレースを行う際は、まず図面の知覚が行われる。この段階では部位の形状や寸法などの、図面を描くために必要な情報を知覚する。その後、知覚した情報を基に行うべき作業や操作内容を検討し、適切なものを判断する。そして、その判断を基に作業に移る。この一連の流れは、製図作業を行う際に常に繰り返される。

図面から知覚できる情報は、同じ人間が同じものを知覚しているため、手描き作業とCAD作業のどちらにおいても、差異はないと考えられる。

このことから、本調査では製図作業の内、作業内容の判断と作業の実行に差異が表れると考え、作業内容の判断では作業時の思考について、作業の実行では作業時の工程について分析を行う。

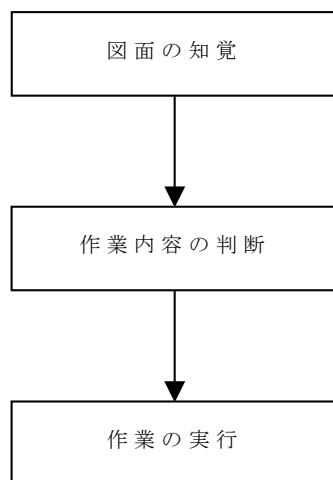
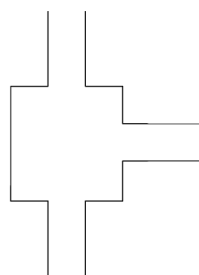


図4 トレース作業の流れ

### 3-3. 手描きの製図作業と思考

手書き製図は必要な線をそのまま描くことによって目的の形にする(図5)。図5の場合、1、2で壁の形状を決める補助線を描き、3で柱の形状を決める補助線を描き、4で図形に必要な線を実線引いている。

このように、思考をそのまま反映させて、必要な線のみを描いていくため、作業と判断の切り替えがスムーズに出来る。そのため、作業をしながら必要に応じて判断と作業の切り替えが出来る。



描こうとしている図形

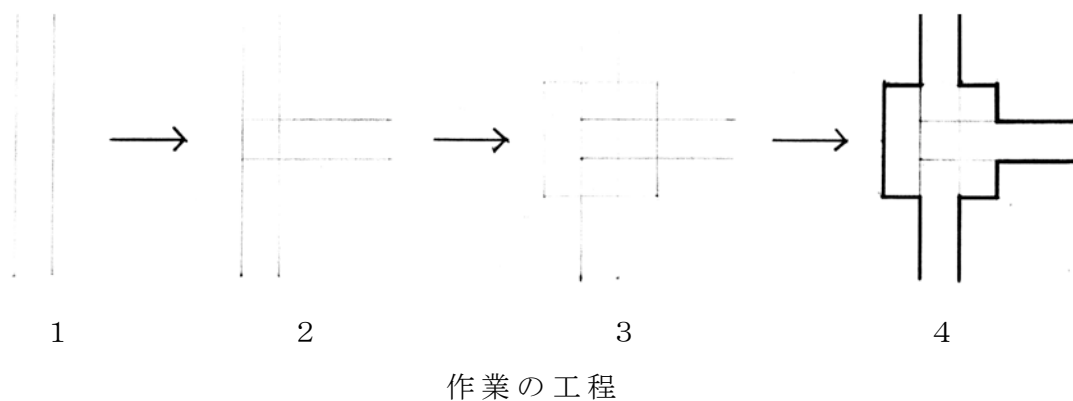
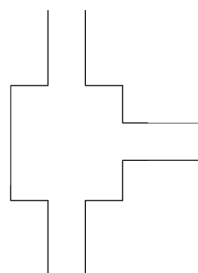


図5 手描き製図の行程

### 3-4. C A Dでの製図作業と思考

C A Dでの作図では、必要と成り得る線を描いてから不要な部分を削除し、目的の形に修正する（図6）。また、C A Dでの作図は、機能と操作の多様性から様々な描き方が存在する（図7）。操作の手順によっては、一つの図形を描くまでに作業時間や工程の複雑さなどに違いが生じる。そのため、C A Dの場合、編集作業の方法や選択などを考える必要がある。その中で、適切な描き方を選ぶためには、あらかじめC A Dの操作について学習しなければならない。

手描きでは、判断と作業の切り替えがスムーズに出来たが、C A Dの場合判断の中で、図7に示したような複数の描き方の中から必要な線の描き方を検討する思考が必要となる。そのため、手描きに比べ余分な思考を必要とし、判断と作業の切り替えが難しい。



描こうとしている図形

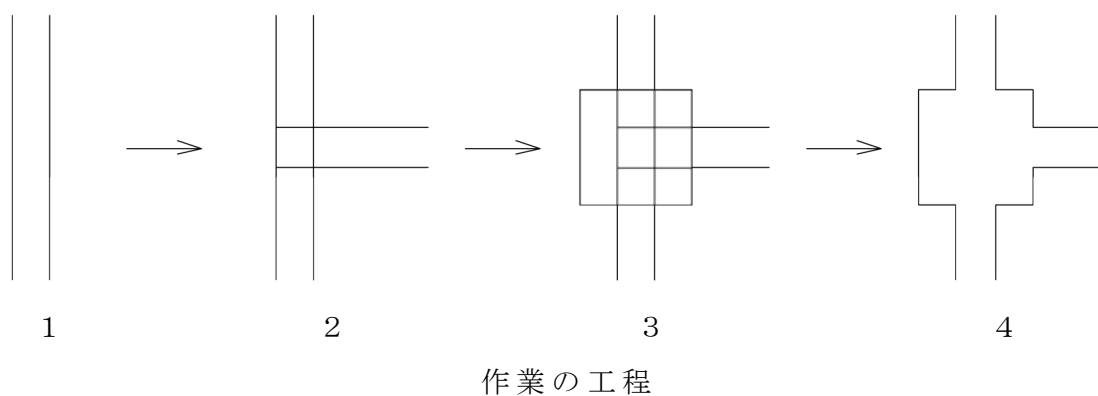
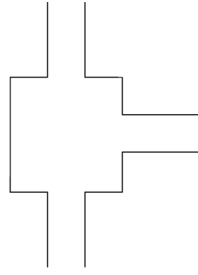


図6 製図作業の工程



描こうとしている図形

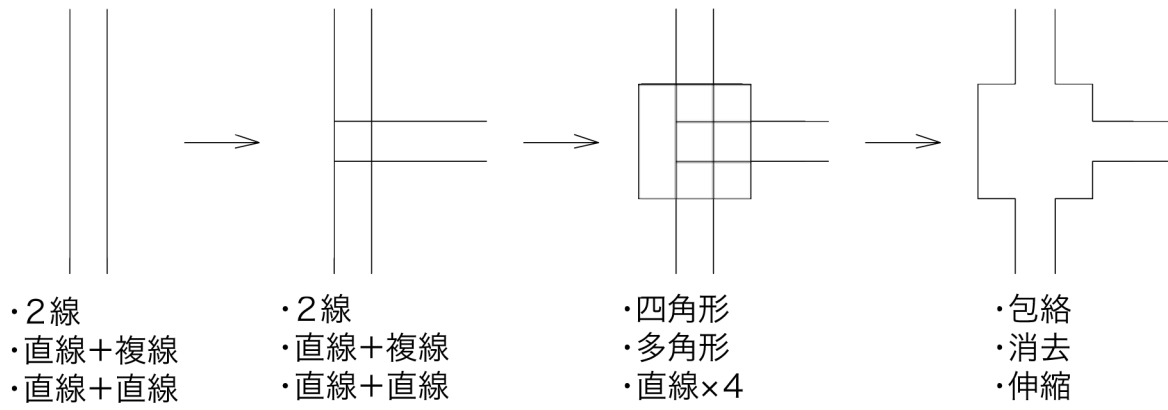


図 7 C A D 操作の多様性

### 3-5. 調査の手法

CAD使用時には、手描き作業時に比べ余分な思考を必要とする。図4の流れから、作業時の思考は作業の内容に反映されると考えられる。そのため、手描きとCADの思考過程は作業の違いとして現れると考え、作業の行程を記録し、作図の行程や順序について分析を行う。

八戸工業大学建築工学科のCADの学習をした3年生5人を被験者とし、使用するCADは、標準的なコマンドを備えるCADとしてJw-CADを用いる。

被験者に建築図面をCADと手描きそれぞれで描いてもらう。その作業工程を躯体、家具建具、その他に分類し、それぞれの作業で使用したコマンドと使用した順序を記録する。また、被験者に使用したコマンドについて思考を説明させることで、作業中の思考の組み立てを明らかにし、それぞれの作業の特徴と差異を明らかにする。

調査に使用した図面はRC構造住宅の1フロアの平面図、縮尺は1/100である(図8)。作業時間は設定せず、作業終了まで記録をとる。

作業の記録では図4に示した作業の流れの、作業の実行の部分について記録する。作業の記録にあたって、CAD機能に合わせ、作業の内容を記号化する。以後記号化したものをコマンドとする(表1)。記録は作業で使用したコマンドごとに記録することで行う。記録の例を手描きは図9、CADは図10に示す。

思考過程の説明では図4に示した作業の流れの、作業内容の判断の部分について回答をしてもらう。図面の知覚の段階で知覚した情報をもとに判断した描き方や手順、コマンドを使用した意図を答えてもらう。

それぞれのデータを基に、手描き製図とCAD製図で使用したコマンドや順序を比較する。そして作業の性質と差異を明らかにする。

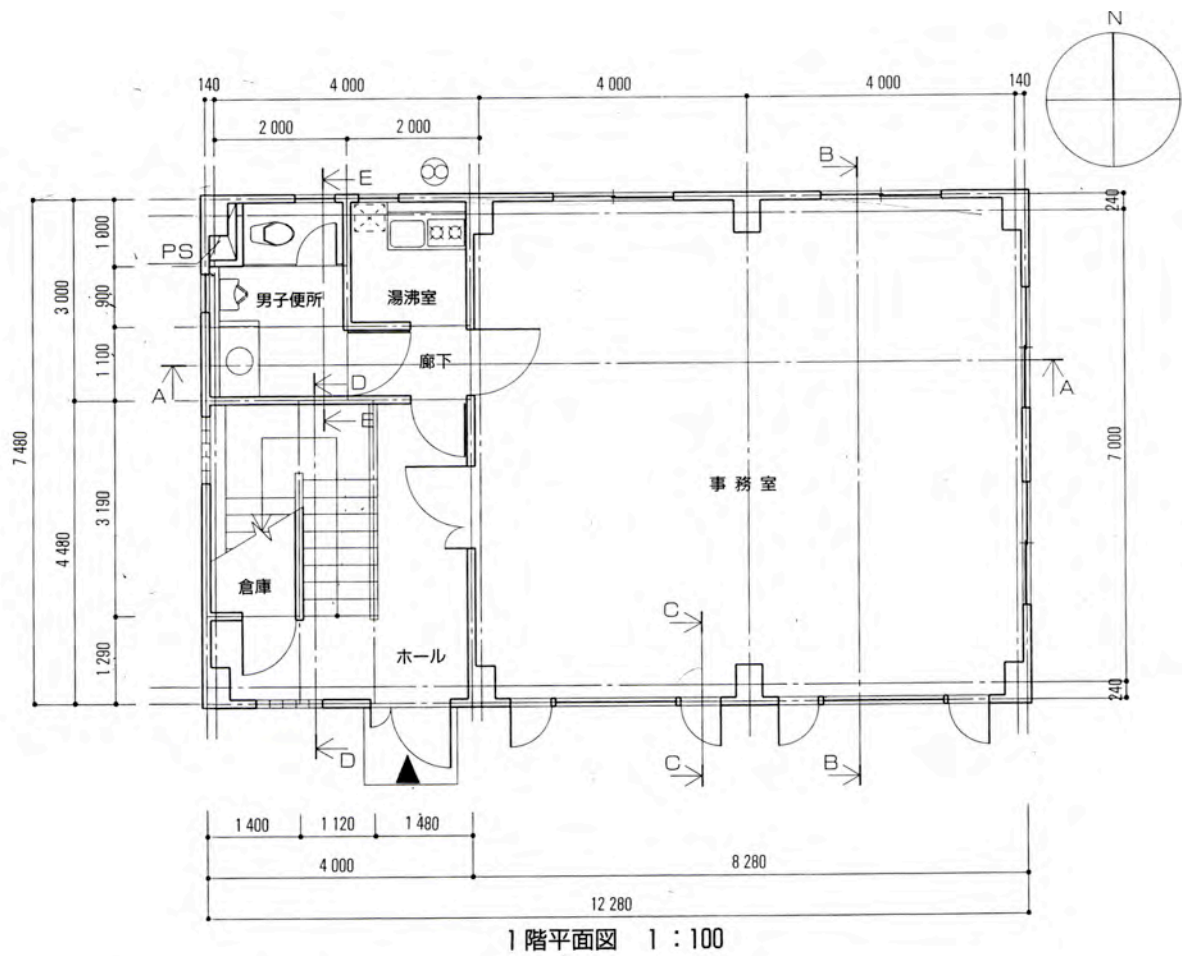


図8 トレースに用いた図面

表 1 設定したコマンド

番号	コマンド	記号	番号	コマンド	記号
1	移動	m	16	複写	C
2	変形	h	17	直線	L
3	ハッチ	y	18	四角形	S
4	多角形	u	19	複線	N
5	中心線	a	20	面取り	F
6	分割	s	21	2線	W
7	仮実線	g	22	線消し	J
8	曲線	r	23	円	O
9	線種変更	k	24	文字	T
10	消去	d	25	寸法	E
11	円接線	z	26	測定	M
12	図形	x	27	連線	L
13	文編集	b	28	範囲	P
14	オプション	O	29	コーナー	V
15	包絡	H	30	伸縮	U

コマンド	g	g	g	g	g	g	g	g	l×2	g	g	l×6
部位												
思考	空線→ → →			柱 壁 いさ いさ	壁 → いさ いさ	壁 → いさ いさ	壁 → いさ いさ	壁 → いさ いさ	壁 → いさ いさ	壁 → いさ いさ	壁 → いさ いさ	壁 → いさ いさ
メモ												

図 9 手描き作業の記録例

コマンド	l	v	l	u	s	h×2	h×2	u×6	h×2	v×4	
部位											
思考	空線→ → →				柱 壁 いさ いさ	壁 → いさ いさ	壁 → いさ いさ	壁 → いさ いさ	壁 → いさ いさ	壁 → いさ いさ	
メモ											

図 10 CAD作業の記録例



### 3-6. 調査の結果

#### 事例 1

柱および壁のサイズと位置を決める際に、思考の順序、行程に差異がみられた。

コマンド	g	g	g	g	g	g	g	g	l×2	g	g	l×6
部位												
思考	柱標 → → →			柱 壁 → サイズ 壁 → サイズ					壁 柱 → サイズ 壁 → サイズ		アライメント	
メモ												

図 1 1 手描き記録 1

コマンド	l	n	l	n	s	h×2	h×2	u×6	h×2	v×4	
部位											
思考	柱標 → → →			柱 壁 → サイズ 壁 → サイズ		73の 幅 壁 → サイズ		73の 高さ 壁 → サイズ		アライメント	
メモ											

図 1 2 C A D 記録 1

コマンド	g	g	g	g	g	g	g	g	l x 3	g	g	l x 7
部位												
思考	柱 → → →			柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	アクリル
メモ												

図 1 3 手描き記録 2

コマンド	n	n	l	n	s	n x 2	n x 2	u x 6	n x 3	v x 6	
部位											
思考	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	柱 ↑ ↑ ↑	アクリル
メモ											

図 1 4 C A D 記録 2



コマンド	g	g	l	lx2	l	l	lx2	lx3	
部位									
思考	壁線→		柱 いす	→	柱 いす	→	柱 いす	→	壁 いす
メモ									

図 1 7 手描き記録 4

コマンド	l	n	n	nx2	nx2	S	vx4	n	dv2	nx2	dx4	
部位												
思考	壁線→	→	壁 いす	→	壁 いす	柱 いす	フヨウ 編	壁 いす	フヨウ 編	壁 いす	フヨウ 編	
メモ												

図 1 8 C A D 記録 4

手描きは通り芯をもとに、位置を決める基準になる線を引き、その線から寸法を測ってサイズを決めている。CADは線を引く前に寸法を入力しサイズを決めてから、通り芯をもとに位置を決めている。また、柱を描く際に行程に差異がある。CADでは直線ではなく四角形コマンドを使って描いている。四角形の線の線は全てが必要ではないため、コマンド選択時に後の修正作業も考慮している。この思考は手描きと比べ余分である。

行程の差異は、主にCADの行程の数にみられた。CADは、線を描くことが先で、描いたあとに不要な部分を考えて編集している。手描きは線を描く前に不要な部分を考えて必要な線だけを描いている。CADは一度描いた線を編集ため、余分な行程が増えている。





手描きとCADで、行程が似ている。しかし、細かい部分では事例1でみられた、サイズと位置を決める行程と順序の差異が同様にみられる。

また、手描きでは消去する必要のなかった補助線と同じ意味を持つ線を、CADでは実線で描いている。図形のアウトラインを形成する線をアウトライン形成前に実線で描いているため、アウトラインを形成するためには図形の編集作業を行う必要がある。

さらに、この編集作業は図形を描く工程の合間に現れる。そのため、手描きと違い、作業中の思考や行程が編集作業により分断されている。



事例 3

手描き作業とCAD作業において行程は全く違うが、編集作業がとても少ない。

コマンド	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	l	l	l×6
部位													
思考	柱 → → →			柱 壁 → 壁			柱 → 壁 → 壁			壁 → 壁			アウトライン
メモ													

図 2 3 手描き記録 7

コマンド	l	n	l	n	l×2	s	w×2	l×2		
部位										
思考	柱 → → →			壁 → 壁		壁 → 壁		壁 → 壁		アウトライン
メモ							壁 (x1)		壁 (x2)	

図 2 4 CAD記録 7

コマンド	g	g	g	g	g	g	g	g	g	l x 3	l x 7
部位											
思考	<p> <del>壁</del> → →          壁          115 115 115 115 115 115 115 115 115 115          サイズ          340ライン       </p>										
メモ											

図 2 5 手描き記録 8

コマンド	n	l	l	l x 3	w	w	w	l x 3	
部位									
思考	<p> <del>壁</del> → →          壁          115 115 115 115 115 115 115 115 115 115          サイズ          340ライン          720の          幅          下書きヤ排表示       </p>								
メモ									

図 2 6 C A D 記録 8

手描きとCADで、行程が全く違う。しかし、CAD作業における余分な作業であった編集作業は少なかった。

この理由は、四角形と通り芯の交点から2線コマンドで線を描いた際に、四角形の不要な部分が消去されているためである。この機能はJw-CAD独特の機能である。有効に使用するためには、Jw-CADの機能を理解したうえで、描く手順を決める際に考慮する必要がある。この思考は手描きではみられない。

### 3-7. 考察

調査の結果、手描き作業とCADでの作業において大きな差異はみられなかった。手描き作業とCADでの作業の差異は、作業工程やその順序などの細かい部分に表れると考えられる。

CADを有効に使うための操作方法は、手描きの作図方法と異なる。CADでの作業時は、CADの使い方に合わせた思考で作業内容を判断するため、その差異が作業の実行の段階で作業工程やその順序の差異として表れる。

また、被験者の中にはCADでの作業を、手描きに近い行程で進めたものと、CADを有効に使用しているものがいた。

前者の場合、手描きに近い描き方をしているにもかかわらず、CAD特有の編集作業が行程の合間に入り、思考や作業が分断されていた。後者の場合は、特有の機能を有効に使うことで、編集作業の回数が少なく、CAD作業を効率よく進めていたが、手描きとの差異は他の被験者より多くみられた。これらのことから、手描き作業時の思考とCAD機能との関連性が薄いことが考えられる。

## 第 4 章 . 手描き作業時の思考と C A D 機能の関連性

#### 4-1. はじめに

前章では、手描きとCADの差異を明らかにするために、それぞれの作業を記録し、具体的な差異を明らかにした。その結果、手描き作業時の思考とCAD機能の関連により、差異が表れると考えられる。

本章では、前章の調査で明らかになったCADの差異について、作業時の思考の差異をもとに考察する。また、差異が生じる原因について認知の視点から考察する。

#### 4-1. 手描きとC A Dの差異

手描きで使用したコマンドは、ほとんどが直線である。これは手描きの作業が、線分を描くために座標を決め、その点を結んで直線を描いていく作業の積み重ねだからだと考えられる。手描きの製図は、必要な場所に必要な直線を必要な数だけ描いて完成している。

C A Dの場合では、様々な種類のコマンドを使用している。これは、直線の描き方がC A Dには複数あることと、四角形などの、直線を組み合わせた図形コマンドがあることからだと考えられる。そのため、必要な線に合わせて直線を描くコマンドを使い分けている。また、C A D特有の作業として図形の編集作業が多くみられた。そのため、編集に使用する伸縮、消去、コーナー、包絡などのC A D特有のコマンドが使用されている。手描きと比べると、編集作業という余分な作業を必要とするため、必要な行程の数も手描きに比べて多い傾向がある。

手描きとC A Dの思考過程において差異が見られたのは、直線に対する考え方と行う作業に対する思考である。

手描き作業時の思考のほとんどは、図形を構成する為に必要な線を描くための思考で占められる。必要な線を描くために必要な場所に点を取りその点を結び直線にする。この作業を効率的に行うために、必要な座標を決めることに思考が割かれる(図27)。手描きの場合は、思考過程が1本道のため思考がスムーズに移行していく。

C A Dの場合は線を描く他に、コマンドの選択や不要部分の編集に思考が割かれる。C A D製図では直線を描く方法が複数あるため、どのコマンドを用いれば効率的に作業を行えるかを考える必要がある。つまり、描く部分ごとに有効なコマンドを、不要部分の編集作業まで考慮して、適切に選ぶための思考が求められる(図28)。C A Dの場合、同時に複数の思考が求められる。さらに、編集作業は図形を描く工程の合間に現れる。そのため、手描きと違い、図面を描くための思考や工程が編集作業により分断されてしまい、編集作業の度に思考を切り替える必要がある。

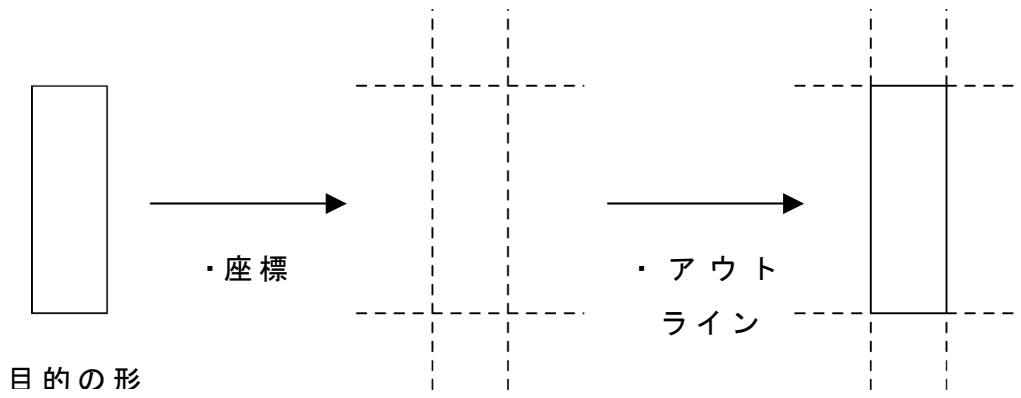


図 2 7 手描き作業時の思考過程

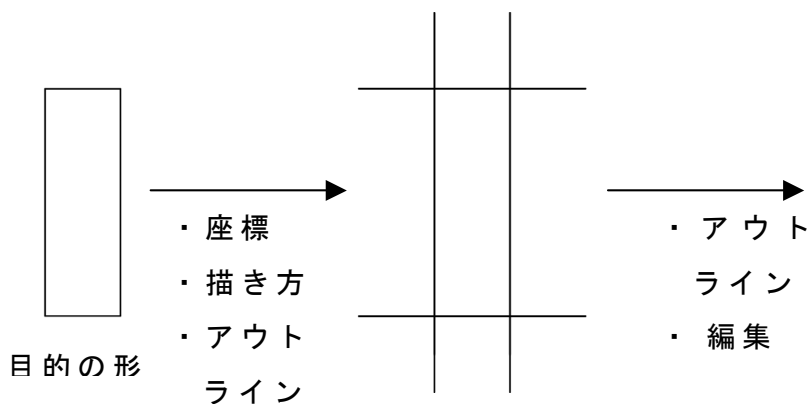


図 2 8 C A D 作業時の思考過程



#### 4-2. 差異が生じる原因

CADでの作業時に編集作業が生じる原因は、手描き作業時の思考が反映されたCAD機能がないことで生じる、座標のとり方の違いにあると考えられる。

手描きの場合、消去する必要のない補助線を用いて座標を決めるため、必要な座標だけを適切にとることができる。このときの思考は、アウトラインを形成するための線を描くことにあり、補助線を描き終わって座標を決めてからアウトラインを形成する。

CADの場合は、2本の実線を描きその交点をとる。そのため、必要な座標の他に、不要な実線と必要な実線が表れる。手描き作業時の、消去する必要のない直線がCADの機能にないため、不要部分の編集作業をする必要がある。座標を決めるための線が実線のため、座標を決めると同時にアウトラインを形成するための思考が必要になり、さらにその後の編集作業も考慮して線を描くことになる。

思考がスムーズに切り替わっていく手描きに比べ、CADの場合は様々な思考が同時に求められる場合がある。

このように、細かな部分において手描き作業時の思考に即したCAD機能がないため、思考の差異が生じ、手描きとCADの差異につながっていると考えられる。

## 第 5 章 . まとめ

### 5-1. 研究の総括と考察

本研究は、建築分野において発展途上の道具であるCADの、更なる利便性向上のために、CAD製図の問題点を明らかにすることをテーマに進めてきた。手描きとCADそれぞれの行程と思考に着目し、手描き製図とCAD製図の作業の特徴を見つけ、それぞれの作業における差異を抽出した。

本研究で行った調査によりCAD操作と手書きの作業との差異が明らかになった。製図作業は線を描くという作業の積み重ねであるが、線を描くために必要な行程と思考が手描きとCADでは細かな部分に違いがあり、人がCADを有効に使うためにはCADの使い方に合わせて描き方を変える必要がある。CADは図形を描くことを目的とした道具であるが、操作方法については、手描き作業時の思考が、CADの機能に十分に反映されていないため、人が使う配慮が十分になされていない。そのため、現段階では建築製図の道具として適しているとは言えない。

## 5-2. 今後の展望

本研究で明らかになったCADにおける問題点には、様々な解決策が考えられる。

まず人がCADに合わせる場合である。現在のCADを分析し、効率的な使い方を習得できる教育プログラムを作成するなどである。

一方CADの改善点は数多くある。建築設計の視野にたち、構想に必要な要素を使用する人が自分でCADの中に作成することが挙げられる。これについてはすでに研究が行われており、両角ら<sup>文3文4</sup>によって建築設計で使用できるCADシステムの開発が行われている。

またCAD機能を人に合わせてつくることも挙げられる。手描きの作業時の思考をもとにして、それに合わせたCAD機能を作ることができれば使いやすい道具になる。この場合、最終的にはもっとも使いやすいもの一種類だけある、もしくはそれぞれの分野に特化したCADが一種類ずつあることが望ましい。

## 参考文献

1. 佐々木正人著：アフォーダンスー新しい認知の理論 岩波新書 1994年
2. 佐々木正人著：知覚は終わらないーアフォーダンスへの招待 青土社 2000年
3. D. A. ノーマン著 野島久雄訳：誰のためのデザイン？ 新曜社 1990年
4. D. A. ノーマン著 佐伯胖監訳 岡本明・八木大彦・藤田克彦・嶋田敦夫訳：人を賢くする道具 新曜社 1996年
5. 渡辺保史著：情報デザイン入門ーインターネット時代の表現術 平凡社新書 2001年
6. 浜田智紀（熊本大）・下川雄一・両角光男・位寄和久：プログラミングステージとデザインステージを融合する機能ー企画設計支援 CAD システムの開発研究 その1ー 日本建築学会大会学術講演会梗概集 1996, E-1 分冊, PP485-486
7. 下川雄一（熊本大）・浜田智紀・両角光男・位寄和久：建築空間の3次元デザインにおけるコンテナ概念の利用ー企画設計支援 CAD システムの開発研究 その2ー 日本建築学会大会学術講演会梗概集 1996, E-1 分冊, PP487-488
8. 古場久雄（熊本大大学院）・両角光男・位寄和久・本間里見・下川雄：平面計画支援システムの研究 ー建築の企画設計支援システムの開発ー 日本建築学会大会学術講演会梗概集 1999年, E-1 分冊, PP561-562
9. 高本孝頼：建築要素の関係設定に着目した知的CADの開発研究 1993年
10. 手越義昭（広島工業大）・廣田昌：情報化デジタル環境における建築CAD教育の研究 日本建築学会大会学術講演会梗概集 2001年, A-2 分冊, PP347-348
11. 青崎公治（広島工業大）・廣田昌・来山栄作・手越義昭：創造的表現技術に必要な機能を満たす建築CAD設計システムの構築 日本建築学会大会学術講演会梗概集 2001年, A-2 分冊, PP351-352

## 謝辞

本論文は、著者が八戸工業大学建築工学科で宮腰直幸講師のご指導のもと実施した卒業研修における研究成果をまとめたものです。

卒業研修の指導教官でもある宮腰先生の思慮深いご教示と多大なご協力なくして本論文を仕上げることはできなかつたろうと思います。

本大学の後輩である佐藤貴明君、下向裕信君、田沢浩幸君、田中秀樹君、對馬征樹君には製図作業のデータ取得の際に、ご協力頂きました。

本研究室の村田淳さん、今川晶太さん、上平雄一君、神谷明君、小舘勇太君、小埜利栄君、副島健一君、真木裕太君には様々な援助やご協力を頂き、また研究のヒントをもらいました。ご協力頂いた方々に深く感謝いたします。

最後に 22 年間育ててもらい、大学まで行かせてくれた両親、家族に感謝します。

2008 年 2 月

越善 滋晴