

システム技術開発調査研究
10-R-10(2)

コンテンツ制作支援システム に関する調査研究報告書

高付加価値意匠デザインのための
3次元形状モデリング

平成 11 年 3 月

財団法人 機 械 シ ス テ ム 振 興 協 会

委 託 先 (財)マルチメディアコンテンツ振興協会
システム技術開発調査研究
10-R-10(2)

コンテンツ制作支援システム に関する調査研究報告書

高付加価値意匠デザインのための

3次元形状モデリング

— 要 旨 —

平成 11 年 3 月

財団法人
委託先

機械システム振興協会
(財)マルチメディアコンテンツ振興協会

調査研究概要

目次

I. 調査研究の目的	G-1
II. 調査研究の実施体制	G-2
III. 調査研究成果の要約	G-5
III.1 形状創成のための3次元CADの機能と課題の調査検討	G-6
III.1.1 形状処理に関する研究動向	G-6
III.1.2 CADに関する現状	G-6
III.1.3 形状デザインシステムにおける形状入力システム	G-7
III.1.4 手描きのスケッチによる自由曲線の生成	G-8
III.1.5 コンピュータ支援による形状入力に関する動向	G-8
III.2 企業におけるスケッチ作業と形状決定	G-9
III.2.1 スケッチと形状決定について	G-9
III.2.2 (株)GKテックにおけるデザイン作業の要旨	G-9
III.2.3 日産自動車(株)におけるデザイン作業の要旨	G-10
III.2.4 (株)日立製作所におけるデザイン作業の要旨	G-10
III.2.5 ソニー(株)におけるデザイン作業とモデリングの要旨	G-11
III.2.6 富士通(株)におけるデザイン作業とスケッチの要旨	G-11
III.3 スケッチを利用した形状入力手法	G-12
III.3.1 スケッチの分析	G-12
III.3.2 スケッチインタプリタシステムによる形状入力	G-12
III.4 3次元形状入力のためのスケッチインタプリタシステム	G-12
III.5 スケッチインタプリタシステムの評価	G-13
III.6 本調査研究のまとめ	G-14

目次

1. 調査研究の目的	1
2. 調査研究の実施体制	3
3. 調査研究の内容	6
第1章 CAD システムの現状と次世代 CAD への要望	8
1.1 CAD システムの現状・課題と今後の検討事項	8
1.2 次世代 CAD への要望	9
第2章 形状モデリングと形状入力に関する動向	11
2.1 形状モデリング国際会議場の様子	11
2.2 CAD に関する現状	13
2.2.1 デザイナーのコンピュータ利用環境	13
2.2.2 デザイナーを取り巻く環境の変化	14
2.2.3 デザイン業務に使いにくい3次元CAD	16
2.2.4 製品開発が盛んなサーフェスモデラー	17
2.3 形状デザインシステムにおける形状入力システム	19
2.3.1 DS/Perspective の概要	19
2.3.2 デザインフェーズのどこで適用するか	20
2.3.3 DS/Perspective のアプローチ	21
2.3.4 DS/Perspective の特徴	23
2.3.5 DS/Perspective の操作手順	24
2.3.6 今後の方向性	27
2.4 手描きのスケッチによる自由曲線の生成	29
2.4.1 はじめに	29
2.4.2 画像処理技術によるエッジの抽出	29
2.4.3 検出されたエッジからの自然スプライン曲線の生成	31
2.4.4 B-Spline 曲線への変換	32
2.4.5 スケッチから曲線を生成する例	32
2.4.6 おわりに	33
2.5 コンピュータ支援による形状入力に関する動向	37
2.5.1 形状決定におけるスケッチ入力の課題	37
2.5.2 スケッチによる形状入力に関する研究動向	39

第 3 章 形状決定におけるスケッチの役割	45
3.1 デザインプロセスにおけるスケッチの役割	45
3.1.1 デザインプロセスとスケッチ	45
3.1.2 スケッチと形状入力	46
3.2 (株)GK テックにおける例	48
3.2.1 スケッチはアイデアを書きながら考え共有する 手軽な手段	48
3.2.2 周辺情報も含め多くのアイデアを一覧し丸ごと パックにできるスケッチ	49
3.2.3 手書きの持つメリットを損なわない コンピュータ支援	49
3.2.4 入力インタフェースとしてのスケッチ手法の展開	51
3.3 日産自動車(株)における例	57
3.3.1 自動車のデザインプロセスにおける スケッチの位置づけ	57
3.3.2 自動車デザインにおけるスケッチ手順	58
3.3.3 スケッチ支援システムの可能性と要望	60
3.4 (株)日立製作所における例	65
3.4.1 スケッチの種別 (製品による違いと広がり)	65
3.4.2 スケッチの位置づけ (デザインプロセスと活用目的)	66
3.4.3 スケッチの実際 (その一例)	67
3.4.4 スケッチ展開の変化 (デジタル化)	70
3.5 ソニー(株)における例	72
3.5.1 デザインの現況と 3 次元入力システム	72
3.5.2 デザイン作業における手書きスケッチの役割	72
3.5.3 線から立体へ	74
3.5.4 発想段階におけるツールの役割	75
3.5.5 ソフトとハードの融合	75
3.6 富士通(株)における例	78
3.6.1 情報通信機器のデザインにおけるスケッチ	78
3.6.2 スケッチ入力ツール活用のアプローチ例	81
3.6.3 今後の課題	82
第 4 章 スケッチを生かした形状入力手法	83

4.1	スケッチの分析	83
4.1.1	スケッチワーク実施要項.....	83
4.1.2	スケッチ調査分析結果.....	89
4.2	スケッチによる形状入力.....	104
4.2.1	スケッチインタプリタシステムによる形状入力.....	104
4.2.2	モードレスな入力.....	105
4.2.3	コンピュータ上における作業支援.....	106
4.2.4	断面線による形状入力.....	107
4.2.5	特徴線・面上線を利用した形状入力.....	109
第5章	3次元形状入力のためのスケッチインタプリタシステム.....	112
5.1	概要	112
5.2	スケッチシステムの目的と形状入力の課題.....	113
5.3	システム概要.....	114
5.4	逐次清書法によるスケッチ入力.....	116
5.4.1	逐次清書法の概要.....	116
5.4.2	逐次清書法における直線抽出.....	117
5.4.3	逐次清書法における曲線抽出.....	119
5.5	手書き図形の3次元復元.....	123
5.5.1	消失点の補正	123
5.5.2	視点推定.....	124
5.6	手書き入力による形状修正.....	125
5.7	スケッチインタプリタによる形状作成例	126
5.8	まとめ.....	128
第6章	スケッチインタプリタの評価.....	131
6.1	プロトタイプシステムへの意見.....	131
6.1.1	デモンストレーションの内容.....	131
6.1.2	スケッチインタプリタシステムに対する意見.....	132
6.2	プロトタイプシステムに対する要望.....	133
4.	調査研究の成果.....	135

図表索引

図-2.3-01	新しいデザインプロセスを実現するための DS/Perspective の位置づけ	19
図-2.3-02	デザインフェーズと適用システム	20
図-2.3-03	スケッチの 3 次元化理論	22
図-2.3-04	下絵の読み込み	24
図-2.3-05	下絵からビューを推定する操作	24
図-2.3-06	下絵をトレースしてスケッチを生成する	25
図-2.3-07	自動 3 次元化機能で 3 次元カーブを生成	25
図-2.3-08	3 次元カーブの編集 (端点を自動的に接続)	26
図-2.3-09	サーフェスの生成	26
図-2.3-10	自動車やパッケージ製品への適用例	27
図-2.4-01	原画像	35
図-2.4-02	対数画像	35
図-2.4-03	エッジの位置検出の原理	35
図-2.4-04	しきい値を決定するためのヒストグラム	35
図-2.4-05	しきい値の決定例	35
図-2.4-06	手描きのスケッチ	35
図-2.4-07	エッジとして検出された点群	36
図-2.4-08	不要点の削除	36
図-2.4-09	自然スプラインから変換された B-Spline 曲線	36
図-2.4-10	スケッチの 3 面図の配置	36
図-2.4-11	生成された枠組み曲線	36
図-2.4-12	生成された曲面の陰影表示	36
図-3.2-01	サムネイルスケッチの例	52
図-3.2-02	ラフスケッチ (ポンチ絵) の例 -曲面主体-	53
図-3.2-03	ラフスケッチ (ポンチ絵) の例 -箱-	54
図-3.2-04	ラフスケッチの例 マーカ部分彩色	55
図-3.2-05	ラフスケッチの展開プロセス (1)	55
図-3.2-06	ラフスケッチの展開プロセス (2)	56
図-3.2-07	ラフスケッチの展開プロセス (3)	56
図-3.2-08	Squiggle3.0 の例	56
図-3.2-09	手書き風レンダリングの例	56
図-3.3-01	スケッチ初期段階	63
図-3.3-02	スケッチ中期段階	63

図-3.3-03	スケッチ後期段階(1)	64
図-3.3-04	スケッチ後期段階(2)	64
表-3.4-01	スケッチの種別	65
図-3.4-01	スケッチワークの位置	66
表-3.4-02	デザインワークにおけるスケッチとモックアップの 利用目的と対象	66
図-3.4-02	手書きスケッチの展開例	67
図-3.4-03	アイデアスケッチよりピックアップした描画例	67
図-3.4-04	プレゼンテーション用のレンダリング	67
図-3.4-05	参照イメージデータ例	68
図-3.4-06	アイデアスケッチ (冷蔵庫ドアハンドルの例)	68
図-3.4-07	三面図のデジタルスケッチの例	70
図-3.5-01	IC レコーダーのアイデア展開のためのラフスケッチ	77
図-3.5-02	IC レコーダーのイメージスケッチ	77
図-3.5-03	IC レコーダー ICD-50	77
図-3.6-01	形状のイメージを検討するためのスケッチの例	79
図-3.6-02	ワープロのスタイリングアイデアを表現した スケッチの例	79
図-3.6-03	液晶ディスプレイの画面角度を調節する機構の アイデア展開のためのスケッチの例	80
図-3.6-04	直方体からの加工の例 (切削、付加)	81
図-3.6-05	図形の基本的な変形手法	82
図-4.1-01	電話子機	86
図-4.1-02	あざらし	86
図-4.1-03	おもちゃの車	86
図-4.1-04	置き時計	86
図-4.1-05	ブロック	87
図-4.1-06	洗剤	87
図-4.1-07	ネコ	87
表-4.1-01	各社における自由課題	88
図-4.1-08	用語の定義	91
図-4.1-09	直方体の描画	93
図-4.1-10	L字を最初に描いたスケッチ	94
図-4.1-11	直接描かれる形状	95
図-4.1-12	円の描画	95

図-4.1-13	円柱のスケッチ.....	96
図-4.1-14	円錐の描画	97
図-4.1-15	円の描画	97
図-4.1-16	面の張り合わせによる描画.....	98
図-4.1-17	パーツに分解することによる形状の理解	99
図-4.1-18	かたまりの描画によるバランス.....	99
図-4.1-19	立方体からの切り出しと、面の張り合わせによる 組み立て.....	100
図-4.2-01	スケッチインタプリタシステム使用例	104
図-4.2-02	断面接続による化粧瓶の生成.....	108
図-4.2-03	手書き曲線を用いた断面による形状入力インタフェース ..	108
図-4.2-04	直交した面上線による曲面表現.....	109
図-4.2-05	特徴線描画によるフィレット付与.....	110
図-4.2-06	面上線による曲面の表現	111
図-5.3-01	スケッチインタプリタシステムの概要.....	114
図-5.3-02	スケッチインタプリタシステムによる作業の流れ	115
図-5.4-01	スケッチの例.....	116
図-5.4-02	逐次清書法の概念図.....	117
図-5.4-03	芯線抽出手順.....	118
図-5.4-04	逐次清書法による直線描画	118
図-5.4-05	特徴点の抽出.....	119
図-5.4-06	特徴点の挿入.....	120
図-5.4-07	特徴点結合法による描画・修正.....	121
図-5.4-08	節点分割抽出法による制御点選択.....	122
図-5.4-09	節点分割抽出法による制御点生成.....	122
図-5.5-01	消失点移動による形状補正	123
図-5.5-02	スケッチの形状補正.....	124
図-5.5-03	透視図からの視点推定.....	124
図-5.6-01	直線抽出を用いた形状変形操作.....	125
図-5.6-02	曲線抽出を用いた形状変形操作.....	126
図-5.7-01	鏡の作成例	127
図-5.7-02	ホチキスの作成例.....	127
図-5.7-03	ホチキスのシェーディング例.....	128
図-6.1-01	デモンストレーション実施環境.....	131

序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、防災、都市、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには、技術開発力の強化に加えて、ますます多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢に対応し、各方面の要請に応えるため、財団法人 機械システム振興協会では、日本自転車振興会から機械工業振興資金の交付を受けて、通商産業省のご指導のもとに、機械システムの開発等に関する補助事業、新機械システム普及促進補助事業等を実施しております。

特に、システム開発に関する補助事業を効果的に推進するためには、国内外における先端技術、あるいはシステム統合化技術に関する調査研究を先行して実施する必要がありますので、当協会に総合システム調査開発委員会（委員長 東京大学 教授 中島尚正氏）を設置し、同委員会のご指導のもとにシステム技術開発に関する調査研究補助事業を民間の調査機関等の協力を得て実施しております。

この「コンテンツ制作支援システムに関する調査研究報告書」は、上記事業の一環として、当協会が財団法人マルチメディアコンテンツ振興協会に委託して実施した調査研究の成果であります。

今後、機械情報産業に関する諸施策が展開されていくうえで、本調査研究の成果が一つの礎石として役立てば幸いです。

平成11年3月

財団法人 機械システム振興協会

はじめに

本調査研究報告書は、財団法人マルチメディアコンテンツ振興協会が平成 10 年度事業として、財団法人機械システム振興協会から受託した「高付加価値意匠デザインのための 3 次元形状モデリングに関する調査研究」の成果をまとめたものです。

近年、CG（コンピュータ・グラフィックス）/CAD（コンピュータ・エイデッド・デザイン）技術は、高度情報社会の基盤技術として重要性を増しています。

成熟工業社会においては、機能に加えて意匠デザインが工業製品の付加価値を決定的に規定します。

そのため、自動車産業などを中心として美しい曲面のデザインを支援する CAD システムはよく普及しており、実用的に不可欠の道具となっています。

本調査研究は、今までの延長的なテーマではなく、先導的意匠デザインの構築のために意匠デザイナーやアーティストの要求を明らかにし、デザイナーの発想支援に有効な方式と理論を開発することを目標としています。

本調査研究報告書では、平成 9 年度の課題抽出・要求事項の整理に基づき、本年度は、学会と工業レベルの最新事例についての調査結果と、埼玉大学近藤研究室で開発中の「3 次元形状入力のためのスケッチインタプリタシステム」をベースとした機能開発と、デザイナーの要求分析を整理した結果を述べています。

本調査研究で得られた成果をもとに、幅広い分野の方々が参加して、「高付加価値意匠デザインのための 3 次元形状モデリング」の研究開発活動が深まり、利用応用分野の拡大が進むことになれば幸いです。

最後に 1 年間にわたり調査研究を進めてくださった委員長、副委員長、各委員として参加いただいた各位、各方面でご協力いただいた関係者各位に深く感謝の意を表します。ご指導とご支援をいただいた通商産業省機械情報産業局情報処理システム課の各位に厚くお礼を申し上げます。

平成 11 年 3 月

財団法人 マルチメディアコンテンツ振興協会

I. 調査研究の目的

成熟工業社会においては、機能に加えて意匠デザインが工業製品の付加価値を決定的に規定する。

本調査研究では、先導的意匠デザインシステムの構築のために意匠デザイナーやアーティストの要求を明らかにし、デザイナーの発想支援に有効な方式と理論を開発することを目標としている。

本調査研究で目標とする内容は以下のとおりである。

- (1) 製品や計算機の技術ではなく、意匠デザイナーやアーティストの真の要求を明らかにする。
- (2) 単なる形状モデリングではなく、「デザイナーの発想支援」に有効な方式と理論を追及する。
- (3) 単なる「お絵描きツール」ではなく、高品質工業製品としての評価に耐える曲面モデリングを目標とする。
- (4) 急速に発展している CAD/CAM、コンピュータ・グラフィックスやネットワークの開発成果を十分に活用し、それらをプラットフォームとして、「意匠デザイン」に特化して、実用性の高い調査研究を行う。
- (5) 調査研究の成果をもとに、直ちにシステム開発を提案できることを目標とする。
- (6) 意匠デザインのための 3次元形状モデリングの現状を調査する。
- (7) 意匠デザインが要求する 3次元形状モデリングについて検討する。
- (8) 高付加価値意匠デザインのための形状創成理論を検討する。
- (9) 高付加価値意匠デザイン支援システムを提案する。

本調査研究は、「意匠デザイン」を主題として、計算機基礎技術（OS, Hardware）、CAD/CAM、コンピュータ・グラフィックス（CG）やネットワークなどの技術を横断的に統合しようとするものであり、新しい産業分野の創出に貢献できるという特徴を持っている。このような研究開発は、アメリカを中心として、全世界的に激しい技術競争が展開されているが、我が国は、依然として製品の基礎的な製造技術に優れており、これを基礎に、マルチメディア技術や意匠デザイン技術を統合すれば、世界にひけをとらない「高付加価値意匠デザイン」力を維持できるものと期待される。

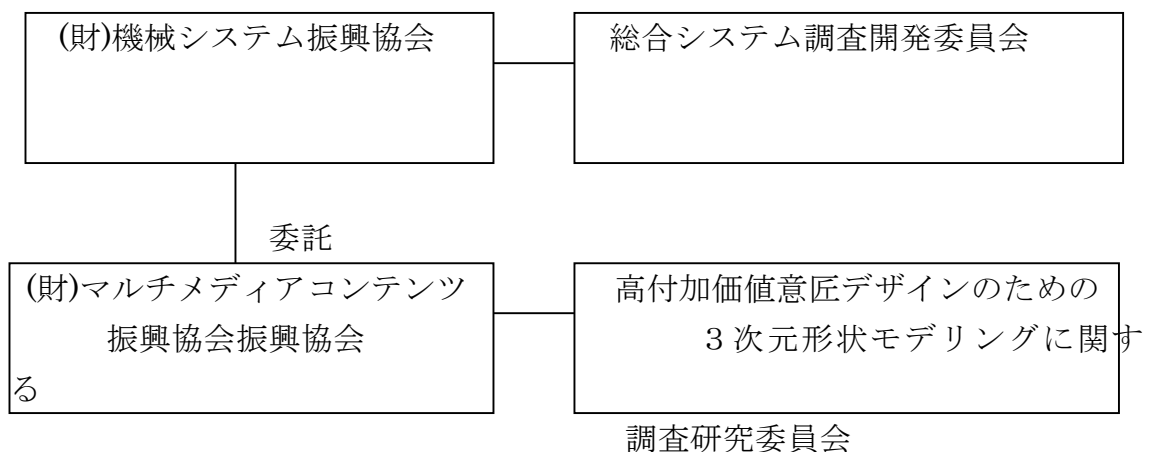
II. 調査研究の実施体制

本調査研究の実施にあたり、(財)マルチメディアコンテンツ振興協会内に「高付加価値意匠デザインのための 3次元形状モデリングに関する調査研究委員会」を設置した。

本調査研究は上記委員会の指導のもとに具体的業務を遂行し、調査研究成果を報告書としてまとめた。

本調査研究は、以下の実施体制で実施した。

高付加価値意匠デザインのための 3次元形状モデリングに関する 調査研究委員会実施体制



総合システム調査開発委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	東京大学大学院 工学系研究科長 東京大学工学部長	中 島 尚 正
委 員	政策研究大学院大学 政策研究院プロジェクトセンター 教授	藤 正 巖
委 員	東京大学大学院 工学系研究科 教授	月 尾 嘉 男
委 員	東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻 教授	廣 田 薫
委 員	東京大学大学院 工学系研究科 助教授	藤 岡 健 彦
委 員	通商産業省工業技術院 機械技術研究所 企画室長	濱 純
委 員	通商産業省工業技術院 電子技術総合研究所 企画室長	大和田野 芳郎

**高付加価値意匠デザインのための 3次元形状モデリングに関する
調査研究委員会名簿**

(五十音順・敬称略)

委員長	木村 文彦	東京大学大学院工学系研究科教授
副委員長	近藤 邦雄	埼玉大学大学院工学系研究科助教授
委員	渡辺 誠	千葉大学工学部工業意匠学科助教授
	青木 潔	(株)エヌ・ケー・エクサ デザインスピナーカーセンター
	岩政 隆一	(株)GK テック
	小池 純一	富士通(株) 総合デザイン研究所 プロダクトデザイン研究部
	高瀬 茂	(株)三菱総合研究所システム ソリューション研究センター 産業情報システム部
	高橋 靖	ソニー(株) クリエイティブセンター
	田島 進	日経 BP 社 日経 CG 編集
	松田 浩一	埼玉大学理工学研究科博士後期課程 近藤研究室
	矢島 章夫	(株)日立製作所 デザイン研究所
	若森 真一	日産自動車(株) テクニカルセンター デザイン本部 企画デザイン部
オブザーバ	鈴木 啓文	通商産業省 機械情報産業局 情報処理システム開発課
	伊藤 比呂行	ファモティク(株) プロジェクトエンジニアリング部
執筆協力者	倉賀野 哲造	ソニー(株) 3D エンジニアリング部
	谷津 真人	(株)日立製作所 デザイン研究所
	遠藤 明彦	(株)エヌ・ケー・エクサ デザインスピナーカーセンター
	堀田 邦彦	(株)エヌ・ケー・エクサ デザインスピナーカー本部
研究協力者	徐 崢	埼玉大学理工学研究科博士後期課程 近藤研究室
	小森 望	埼玉大学理工学研究科博士前期課程

		近藤研究室
事務局	青柳 裕文	(財)マルチメディアコンテンツ振興協会 研究開発部
	増井 久之	(財)マルチメディアコンテンツ振興協会 研究開発部
	須藤 智明	(財)マルチメディアコンテンツ振興協会 研究開発部

Ⅲ. 調査研究成果の要約

本調査研究では、以下の4点につき実施した。

(a) 形状モデリングと形状入力に関する研究・開発動向

意匠デザインにおける形状モデリングとその入力手法は、世界中でさまざまな研究と開発が行われている。昨年度の報告書では過去5年間の研究動向をまとめた。本年度は産業界における実際面からの調査と実用的な形状モデリングシステムと形状入力システムをまとめた。さらに先端的な会議などで報告された形状モデリングや形状入力に関する研究動向をまとめた。

(b) 意匠デザインが要求する3次元形状モデリングと形状入力の分析

デザイナー自身が要求するデザイン支援の「道具」と現状システムを把握し、デザイナーとCAD技術者との討議により望まれるモデリング機能を検討した。そしてデザイン作業におけるスケッチの役割を明確にし、形状入力との関係を明らかにした。

(c) スケッチ作業の分析に基づく形状入力手法

デザイナーのスケッチ作業は、さまざまな工程で目的に合わせて用いられている。コンピュータを利用して形状入力をするために、デザイナーごとに異なっている部分と共通している部分を明らかにする。このためにデザイナーのスケッチ作業を調査し、スケッチを行う意味とスケッチにおける形状決定手法をまとめた。

(d) 意匠デザイン支援のためのスケッチ入力システム

上記検討を踏まえて、高付加価値意匠デザイン支援のためのスケッチ入力システムであるスケッチインタプリタシステムを開発し、このプロトタイプシステムの評価を行った。

Ⅲ.1 形状創成のための 3 次元 CAD の機能と課題の調査検討

Ⅲ.1.1 形状処理に関する研究動向

形状モデリングの理論化や計算機によるシステム化は、当初に期待されたほどには急速に進歩しなかった。CAD やその他の分野からの要求が明確でなかったことや、計算機やグラフィック装置の能力が十分でなかったことが原因であろう。しかし、数学者やコンピュータサイエンスの研究者が理論的興味から形状処理の課題に取り組み、また、設計生産性の向上のために工業界からの要求も高まって、最近の 10 年間に理論的にも実用的なシステム開発においても、大きな進歩を遂げたと見ることができる。

形状モデリングの研究分野は、(1)形状構成の基礎理論（位相構造、曲面式など）(2)計算幾何学（計算量、数値計算の頑健性など）(3)形状構成のアルゴリズム（モデル表現、形状生成、処理）(4)形状情報の利用や入出力処理（CAD/CAM、コンピュータグラフィックスなど）に分類できる。

これらは理論的あるいは技術的課題であるが、いずれも困難な課題を含んでいる。これらを解決するために、人が発想した形状を容易に計算機にモデル化できる体系や発想そのものを支援できる体系が必要であるが、これらは、モデリングの枠組みを根本的に拡大することにより解決されていくであろう。

形状入力の実用的に重要な課題であり、現実的に問題を解決していかねばならない。従来の手法は、既にある程度形状概念が固まっている場合には適用の可能性はあるが、形状の発想段階を想定しているものはほとんど見当たらない。CAD の導入が進んでいる分野では、意匠デザイン部門においても、CAD 化を推進しようとしているが、その考え方は様々であり、それに従って、適用できる手法も異なってくる。発想支援として CAD を用いるためには、デザイナーがより直接的に操作できる形状入力法の開発が必須である。

Ⅲ.1.2 CAD に関する現状

日経 CG の 1998 年 3 月号に掲載された調査結果では、インダストリアルデザイナーが使用するコンピュータを示した。また、デザイナーがよく使うアプリケーションソフトウェアについても示した。調査結果から Photoshop や

Illustrator のような 2 次元グラフィックスソフトウェアの利用率に比べ、3 次元ソフトの利用率はかなり低いことがわかる。

昨今のデザイナーの置かれている環境は大きく変わってきた。特に以下のようなことが要因である。

(1) 3 次元 CAD の普及と生産効率の追求

後工程である設計部門や製造部門から 3 次元データによるデザインの提出が求められてきたことである。設計・製造部門では、同一の 3 次元モデルデータを各プロセスで共有することにより、大幅な生産性の向上に成功した。これをデザイン部門にまで敷延しようという動きである。

(2) 3 次元 CAD によるデザイン作業の効率化

デザイン部門に対する生産性向上の要求が前にも増して強く求められてきたことである。これまでも、ユーザーの嗜好の多様化と商品寿命の短期化に対応するため、デザイン部門はつねに効率化を求められてきた。

(3) デザインの幅を広げる

最近では 3 次元モデルをもとにアニメーション（動画像）を作成し、動的なデザインを確認する例も出てきた。例えば、パトカーの車上に取り付ける赤色回転灯の完成予想を、アニメーションを作成することにより確認した例などがある。また、街や室内を撮影した映像の中にコンピュータ上でデザインしたものを合成し、デザイン評価に利用した例なども報告されている。

また、デザイン業務に使いにくい 3 次元 CAD の問題を指摘している。それは、(1)自由に試行錯誤を繰り返せない、(2)データ交換が困難、(3)値段が高い、である。

Ⅲ.1.3 形状デザインシステムにおける形状入力システム

本章では、(株)エヌ・ケー・エクサが開発・販売している DS/Perspective について概要、特徴および操作手順について紹介する。DS/Perspective は、デザインの初期の段階で作成されたスケッチから簡単な操作で 3 次元化できるシステムである。製造業の競争力強化には、デザイナーの発想段階から設計・製造にいたるまでをシームレスにデジタル化することが重要な課題となっている。DS/Perspective は、すでに作成されたスケッチを下絵にトレースしたり、画面上で直接描いたスケッチから自動的に 3 次元化を行うことでその解決を図っている。

DS/Perspective はコンセプトチャルデザインを行っている、自動車、家具、精密機器、パッケージ、家電などのインハウス、フリーランスデザイナーをタ

ーゲットユーザーとしている。ここで作成されたデータはデザイナー向けの本格的な 3 次元 CAD である DS/Styling へ渡してより詳細なデータを作り込むことができる。

III.1.4 手描きのスケッチによる自由曲線の生成

本節では、ソニー(株)が研究・開発しているスケッチ入力システムについて述べる。この研究の目的は、デザインプロセスにおけるアイデアの発想、展開から煮詰めるまでの期間の短縮である。ここでは、手描きのスケッチによる自由曲線を生成し、曲面を得る方法について述べる。スケッチから自由曲面を生成する場合の枠組みとなる線を抽出して、すでに報告したソニー開発の FRES DAM(CAD/CAM システム)を使用して、自由曲面を生成するための枠組曲線を生成する。そして枠組曲線を補間して自由曲面を生成する。生成した自由曲面に対して、工具径路を生成して、NC マシニングセンタで加工することにより実体模型を製作する。このような方法で実体模型がデザイナーの手に入らば、デザイナーは視覚的および触覚的にデザインした形状を把握することが可能になる。

III.1.5 コンピュータ支援による形状入力に関する動向

本節では、はじめに形状決定におけるスケッチ入力の課題を示す。これによってデザイナーが使用するときのデザインシステムのインタフェースを考える。次にスケッチによる形状入力に関する研究動向を示す。特にデザイナーの作図作業から 3 次元形状を得るための方法を提案するために、2 次元図形・画像から 3 次元形状を得るための研究について述べる。このような入力方式の研究は、スケッチ画を対話的に描きながら形状を入力する研究、線図形を与えて 3 次元形状を復元する研究、デザイナーが描いたスケッチ画をコンピュータに入力して 3 次元形状を復元したり、画像をもとに 3 次元形状を復元する手法に大別できる。

Ⅲ.2 企業におけるスケッチ作業と形状決定

Ⅲ.2.1 スケッチと形状決定について

デザインプロセスにおけるスケッチの役割は、さまざまな視点でとらえることができる。これは、工業デザインの対象範囲が広いことや業種によりスケッチの利用方法が異なる等その理由はさまざまである。

このスケッチは、商品開発の過程においてデザインセクションに委ねられたものであり、他の商品企画や設計では生成されない情報である。それゆえ、スケッチを描くことは、デザインにおいては大きな業務対象となっているともいえる。一方、スケッチは、単に対象となる製品のスタイルだけを描いていると思われがちだがそれだけではない。機能や性能、使い勝手や便利さなどさまざまなことが検討されている。したがってデザインプロセスにおけるスケッチの役割は一概に述べるのが難しいことも事実である。そこで、ここでは、発散と収斂、機能と形態の2つに絞って検討することにした。さらにデザインにおけるスケッチの役割を検討する際に、現在のデザインを取り巻く環境においてどのような支援が今後必要であるかを示す。

Ⅲ.2.2 (株)GK テックにおけるデザイン作業の要旨

スケッチはアイデアを書きながら考え共有する手軽な手段であることを示す。ラフスケッチの段階で直接三次元データに落とししていく手法のプロトタイプを開発するという方向性に基づき、現在のデザイン現場（特に日常の生活機器のプロダクトデザインを行っている分野）での事例をあげ考察を加えることにする。

スケッチはアイデアを書きながら考える対話的な表現手段であると同時に、紙の上にアイデアを外化することによって作業チームのコミュニケーションを有効化するメディアでもある。さらに、スケッチは周辺情報も含め多くのアイデアを一覧し、丸ごとパックにできることを示す。スケッチは事例に見られるとおり外形のみに留まらず対象とするプロダクトに関連する与件や寸法、操作方法アイデア、周りの環境（人間を含む）、参考となる既存の形等の周辺情報も書きこまれている。

ここでは、入力インタフェースとしてのスケッチ手法について、現状のインタフェースを考察し、デザインシステムのあるべきインタフェースの提案をしている。

Ⅲ.2.3 日産自動車(株)におけるデザイン作業の要旨

スケッチに求められる役割は大きく二つに分けることができる。一つは発想そのものを支援することである。これは限られた時間にアイデアをできるだけ幅広く多面的に検討するために、素早くアイデアを視覚化し、自由に試行錯誤することである。二つ目は発想したアイデアを誤解なく確認し伝達するために、リアルにアイデアを視覚化することである。デザイン作業において、具体的なスケッチの活用の仕方や描き方は、デザインプロセスの進展に対応して変化するが、その理由はデザイナーの関心事（全体的なイメージなのか、ディテールなのか、アイデアを発散させるのか、まとめるのか等）が変化するからである。これを明らかにするデザインプロセスにおけるスケッチの利用について示す。さらにスケッチ支援システムに対する要件を以下のようにまとめた。

描画の質的な面での支援（まずは単純に清書できれば良い）に加え、現実世界では面倒な事（2D から 3D への変換、手描き線（イメージデータ）のベクター化、パースガイド、試行錯誤の履歴管理等）が自動化、省力化でき、なおかつ発想作業を阻害しない操作手順、インターフェースを持つことであると言える。これらが実現できれば、既存のデザイン CAD との組み合わせにより、デザイン初期段階での作業が効率化され、発想をスピーディに具現化することが可能となる。

Ⅲ.2.4 (株)日立製作所におけるデザイン作業の要旨

ここでは、まずスケッチの種別について示す。当社の製品領域が広範囲に亘ることから、デザイン作業におけるスケッチは、対象となる製品分野により表現の仕方に違いがある。例えば、日常生活向け製品（家電・情報機器等）と企業・公共向け製品（電機機器・産業機器等）による違いが代表的である。そしてスケッチの位置づけをデザインプロセスと活用目的とで示す。さらにスケッチの実際について述べ、スケッチングについては実際どのような思考を経て進行しているのか、その一例を示す。スケッチは形態を案出するために行われるのであるが、その過程はアイデアを生かす形態を描きつつ、絶えずそれを自己にフィードバックすることで次の展開へと繋げながら描いていることを示す。

Ⅲ.2.5 ソニー(株)におけるデザイン作業とモデリングの要旨

現在の CAD システムは発想と表現作業の間の即時性やインタラクティブ性に欠け、キーボードやマウスによる図形入力では入力操作と形が直結していない。特に 3 次元モデリングをしようとする現現在の CG/CAD システムでは無味乾燥なキーボード操作を要求され、直感的な形状入力ができない。本研究で開発システムのコアとなるスケッチインタープリタは、タブレット・ペンを使った直接的な図形入力とその 3 次元モデリング化を特徴としている。言い換えればこれはスケッチによる 3 次元入力方式、すなわち 3 次元スケッチ入力方式といえよう。これが実際にデザインの発想段階の支援として可能となるための課題について示す。特に、デザイン作業における手書きスケッチの役割やスケッチにおける線をもとにした面への発展、発想段階におけるツールの役割、そしてソフトウェアとハードウェアの融合について提案している。

Ⅲ.2.6 富士通(株)におけるデザイン作業とスケッチの要旨

情報機器の意匠デザインにおいては、対象とするプロダクトの商品性や技術的な与件を考慮して造形を決定するが、そのデザイン工程の最初の作業として位置づけられるのがスケッチである。スケッチの役割は造形のアイデアを具現化していく最初の工程であり、基本的な大きさや形状を検討しながらいろいろな機能的なアイデアを出すためにも必要である。レンダリングはコンピュータを使う場合も多くなってきたが、スケッチ段階では従来の紙と鉛筆を使用した手書きのスケッチを行っているデザイナーがほとんどである。情報通信機器のデザインを行う上での特徴を示している。そして、スケッチ入力ツール活用へのアプローチに対する提案として、直方体からの加工例や形状の変形法などについて説明している。さらに今後の課題を示している。

Ⅲ.3 スケッチを利用した形状入力手法

Ⅲ.3.1 スケッチの分析

本章では、スケッチについて調査を行なった結果をもとに分析を行ない、コンピュータへの実装手法についての提案を行なう。そのために、各企業のデザイン部門に所属するデザイナーに規定のスケッチを描いてもらうことにより調査を行なった。そして、各企業の取材結果から、共通点や相違点などを分析し、形状入力手法の提案を行なう。ここでは、スケッチ調査についての実施要項および分析結果を示す。スケッチ調査の目的は、人による差異、共通点などを分析することにより、スケッチにおける形状のとらえ方や描き方を、スケッチと形状の関係としてまとめることを目的とする。そしてスケッチ調査の分析結果について示す。まず始めに、本分析結果で用いる用語についてまとめる。その次に、分析結果を示す。

Ⅲ.3.2 スケッチインタプリタシステムによる形状入力

ここでは、3.1 節で得られた分析結果をもとに、スケッチ入力のコンピュータへの実装手法について検討を行なう。新しい形状入力インタフェースは、デザイナーの思考をできるだけ妨げずに利用が可能な必要があり、なおかつコンピュータを利用することの利点があることが望ましい。

Ⅲ.4 3次元形状入力のためのスケッチインタプリタシステム

ここではペン入力を用いた直接入力による3次元形状生成システムについて述べる。本システムは、スケッチ感覚の3次元形状入力を可能にするシステムである。スケッチによる形状表現では曖昧さや歪みが含まれていてもイメージとして合っていれば良いため、3次元形状としてあり得ない場合もある。また、稜線の不明瞭さや奥行き情報の欠落のため、スケッチをそのまま3次元形状として復元することは困難である。そこで、手書きによる曖昧さや歪みを対話処

理で補正しながら形状を決定する対話型形状入力システムとしてスケッチインタプリタシステムを開発した。本システムは3つの機能から構成される。

- (1) スケッチで用いられる線分の重ね書きによる形状入力をコンピュータ上で可能にする逐次清書法、
- (2) 視点推定法を利用した手書きによる透視図のための補正機能、
- (3) 切断平面のスケッチによる立体切断と部分削除機能

である。以上の機能をまとめたスケッチインタプリタシステムにより、手書きによる曖昧さを持った入力が可能となり、試行錯誤による3次元形状の形状生成が可能となった。

Ⅲ.5 スケッチインタプリタシステムの評価

ここでは、前節で述べたスケッチインタプリタシステムを用いた形状入力のデモンストレーションを行った結果を示す。以下の意見はデザイナーの意見を中心にまとめた。デザイナーらの意見をまとめると、入力インタフェースとしてプロトタイプをみると従来の数値入力インタフェースに比べて優れているという評価である。ただし、機能が十分でないために、清書段階での利用には有効であるが、アイデアスケッチ段階ではこのままでは使いにくいという意見があった。

プロトタイプシステムに対する要望を以下に示す。スケッチ入力システムがどのように形状デザインに役立つかという立場で、数々の意見があった。考えていることをいかにスムーズにコンピュータに伝えるかが課題となることが分かる。この調査では、スケッチの書き方と形状の関係を整理して、スケッチファンクションの確立による形状入力機能を整理することを目標とする。これらのことを基にプロトタイプで必要な機能をデザイナーの方々に出していただいた。

プロトタイプシステム構築にあたって、スケッチはデザイナーの思考確認手段・表現手段であるので、その長所を生かすことが大切であること、入力情報の清書だけでなくデザイナーの思考過程が実現できるといいこと、フリーハンド曲線からワイヤフレーム、3次元モデル生成までつなげられることなどが指摘された。

Ⅲ.6 本調査研究のまとめ

本調査研究では、意匠デザイナーが直接利用することができて、形状の発想支援や形状概念の明確化に有効であるような、形状モデリングシステム構築のための調査研究とプロトタイピングを行った。この結果、以下の成果を得た。

(1) デザイン現場での意匠デザインの現状とデザイナーの要求を知る機会を得て、今後の形状モデリングや形状入力について、極めて有益な情報をまとめることができた。

(2) 比較的簡単な3次元形状のスケッチ入力システムのプロトタイプを作成し、デザイナーらからの評価を受けた。これにより今後のシステム開発の指針を明確にすることができた。

以上の成果をもとに、次年度には、スケッチ主体の形状入力アルゴリズムを拡張して、プロトタイプを作成する。そして、実用的な評価が可能な程度の高付加価値形状の試作を行なう。

1. 調査研究の目的

本調査研究では、先導的意匠デザインシステムの構築のために意匠デザイナーやアーティストの要求を明らかにし、デザイナーの発想支援に有効な方式と理論を開発することを目標とする。昨年度は3次元形状モデリングと意匠デザインの研究調査、意匠デザイナーのCAD・モデリングに関する要求を整理した結果をまとめた。これをもとに本年度は、3次元形状モデリングと形状入力の研究・開発動向、意匠デザイナーの熟練技術であるスケッチ作業と形状決定との関係、そして形状入力のために作成したプロトタイプシステムについて調査研究を行った。

成熟工業社会においては、機能に加えて、意匠デザインが工業製品の付加価値に大きく影響する。そのため、自動車産業などを中心として美しい曲面のデザインを支援するCADシステムはよく普及しており、実用的に不可欠の道具となっている。しかし、これらのシステムは、デザイナーが描いた形状の初期スケッチを与えられて、オペレータが見ながら形状構成するようなシステムが多く、(a)デザイナーの自由な発想の支援には有効ではなく、(b)形状構成操作が計算機的であるためデザイナー自身が利用するには適さない、という欠点がある。一方、一般に広く用いられている3次元コンピュータグラフィックス(3次元CG)のための曲面生成システムやレンダリングシステムは、CADシステムに比べてより使いやすいが、結果として得られる曲面形状の品質が不十分で工業利用に不適であるという弱点がある。

現在CADシステムは多数開発されており、多くの機能が提案されている。したがって、本研究委員会では、多くの企業が取り組むような今までの延長的なテーマでなく、その先のテーマに取り組みたい。そのために形のデザインなどの上流を重視して取り組むこと、技術者の考えでなく、デザイナーの考えを取り入れることが重要である。これによって、デザイナーから望まれるシステムの構築が可能となる。本研究で目標とするCADシステムの一つは、イメージが完全にでき上がらない状態の曖昧なままの形状の入力が可能なシステムである。このためには、概念から形を作るために必要な支援を行うことができることや、使いやすいインタフェースの開発が望まれる。

本研究で扱うキーワードを「意匠デザイン」とした。ここで言う「意匠デザイン」とは、価値を持った美しい形を作ることである。そのために将来的に必要とされるデザイン支援が可能なプロトタイプシステム構築のための形状入力手法を確立することを本研究の目標のひとつとする。

デザイン支援システムは計算機によって実現されるが、計算機は単なる道具にすぎない。これは、紙とペンに代わって作業の中心となるとは考えられられないためであり、作業を効率化するという「支援」に重きを置くこととする。例えば、現在の3次元CADシステムは、「支援」という観点からは程遠い。これは使う側の視点で作られていないためである。本研究では現状だけを考えないで、アーティストが考えているところをまず調査する。そこで形を作るアーティストの立場で要求を収集し分析を行い、それらをまとめて将来のデザインシステムの提案を行う。本委員会では提案するシステムは、現在企業が作っているようなシステムではなく、近未来的なシステムであり、それを使うためのスケッチインタフェースを提案する。これによって、根本的にデザイン体系を変えられるようなシステムを構築するための使いやすいインタフェースを提供する。

例えば、曲面の表現において、曲面というものは数式で表されるのが当然のように思われているが、それは、理系人間の考えることであり、デザイナーの頭には形状のイメージしかない。したがって、技術者の立場ではなく、デザイナーの立場から提案した形状デザインを計算機内に表現できるインタフェースの提案を行えるとよい。デザイナーの立場から生成した形状は、実現するためには難しかったり、形状が正確でなかったりする場合がある。しかしながら、最終的には精度の高い製品化に耐えうる品質を持った形状を生成することが必要となる。デザイナーの意図する高品質な製品形状ができることが重要であり、形を作る方式を提案することが望まれる。

本調査研究は、「意匠デザイン」を主題として、計算機基礎技術（OS、Hardware）、CAD/CAM、コンピュータ・グラフィックスやネットワークなどの技術を横断的に統合しようとするものであり、新しい産業分野の創出に貢献できるという特徴を持っている。このような研究開発は、アメリカを中心として、全世界的に激しい技術競争が展開されているが、我が国は、依然として製品の基礎的な製造技術に優れており、これを基礎に、マルチメディア技術や意匠デザイン技術を統合すれば、世界にひけをとらない「高付加価値意匠デザイン」力を維持できるものと期待される。

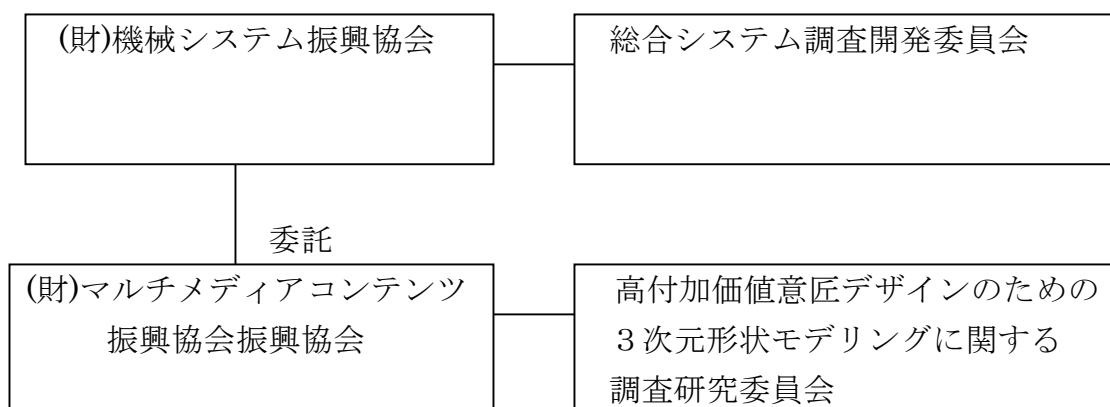
2. 調査研究の実施体制

本調査研究の実施にあたり、(財)マルチメディアコンテンツ振興協会内に「高付加価値意匠デザインのための 3次元形状モデリングに関する調査研究委員会」を設置した。

本調査研究は上記委員会の指導のもとに具体的業務を遂行し、調査研究成果を報告書としてまとめた。

本調査研究は、以下の実施体制で実施した。

高付加価値意匠デザインのための 3次元形状モデリングに関する 調査研究委員会実施体制



総合システム調査開発委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	東京大学大学院 工学系研究科長 東京大学工学部長	中 島 尚 正
委 員	政策研究大学院大学 政策研究院プロジェクトセンター 教授	藤 正 巖
委 員	東京大学大学院 工学系研究科 教授	月 尾 嘉 男
委 員	東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻 教授	廣 田 薫
委 員	東京大学大学院 工学系研究科 助教授	藤 岡 健 彦
委 員	通商産業省工業技術院 機械技術研究所 企画室長	濱 純
委 員	通商産業省工業技術院 電子技術総合研究所 企画室長	大和田野 芳郎

**高付加価値意匠デザインのための 3次元形状モデリングに関する
調査研究委員会名簿**

(五十音順・敬称略)

委員長	木村 文彦	東京大学大学院工学系研究科教授
副委員長	近藤 邦雄	埼玉大学大学院工学系研究科助教授
委員	渡辺 誠	千葉大学工学部工業意匠学科助教授
	青木 潔	(株)エヌ・ケー・エクサ デザインスピナーカーセンター
	岩政 隆一	(株)GK テック
	小池 純一	富士通(株) 総合デザイン研究所 プロダクトデザイン研究部
	高瀬 茂	(株)三菱総合研究所システム ソリューション研究センター 産業情報システム部
	高橋 靖	ソニー(株) クリエイティブセンター
	田島 進	日経 BP 社 日経 CG 編集
	松田 浩一	埼玉大学理工学研究科博士後期課程 近藤研究室
	矢島 章夫	(株)日立製作所 デザイン研究所
	若森 真一	日産自動車(株) テクニカルセンター デザイン本部 企画デザイン部
オブザーバ	鈴木 啓文	通商産業省 機械情報産業局 情報処理システム開発課
	伊藤 比呂行	ファモティク(株) プロジェクトエンジニアリング部
執筆協力者	倉賀野 哲造	ソニー(株) 3D エンジニアリング部
	谷津 真人	(株)日立製作所 デザイン研究所
	遠藤 明彦	(株)エヌ・ケー・エクサ デザインスピナーカーセンター
	堀田 邦彦	(株)エヌ・ケー・エクサ デザインスピナーカー本部
研究協力者	徐 崢	埼玉大学理工学研究科博士後期課程 近藤研究室
	小森 望	埼玉大学理工学研究科博士前期課程 近藤研究室

事務局	青柳 裕文	(財)マルチメディアコンテンツ振興協会 研究開発部
	増井 久之	(財)マルチメディアコンテンツ振興協会 研究開発部
	須藤 智明	(財)マルチメディアコンテンツ振興協会 研究開発部

3. 調査研究の内容

本研究の目標は以下の通りである。

- (1) 製品や計算機の技術ではなく、意匠デザイナーやアーティストの真の要求を明らかにする。
- (2) 単なる形状モデリングではなく、「デザイナーの発想支援」に有効な方式と理論を迫及する。
- (3) 単なる「お絵描きツール」ではなく、高品質工業製品としての評価に耐える曲面モデリングを目標とする。
- (4) 急速に発展している CAD/CAM、コンピュータ・グラフィックスやネットワークの開発成果を十分に活用し、それらをプラットフォームとして「意匠デザイン」に特化して、実用性の高い調査研究を行う。
- (5) 調査研究の成果をもとに、直ちにシステム開発を提案できることを目標とする。

これらの目標を達成するために本年度は昨年度の成果をもとに、以下のよう
な 4 項目を調査しまとめる。

(a) 形状モデリングと形状入力に関する研究・開発動向

意匠デザインにおける形状モデリングとその入力手法は、世界中でさまざまな研究と開発が行われている。昨年度の報告書では過去 5 年間の研究動向をまとめた。本年度は産業界における実際面からの調査と実用的な形状モデリングシステムと形状入力システムをまとめる。さらに先端的な会議などで報告された形状モデリングや形状入力に関係する研究動向をまとめる。

(b) 意匠デザインが要求する 3次元形状モデリングと形状入力の分析

デザイナー自身が要求するデザイン支援の「道具」と現状システムを把握し、デザイナーと CAD 技術者との討議により望まれるモデリング機能を検討する。そしてデザイン作業におけるスケッチの役割を明確にし、形状入力との関係を明らかにする。

(c) スケッチ作業の分析に基づく形状入力手法

デザイナーのスケッチ作業は、さまざまな工程で目的に合わせて用いられている。コンピュータを利用して形状入力をするために、デザイナーごとに異なっている部分と共通している部分を明らかにする。このためにデザイナーのスケッチ作業を調査し、スケッチを行う意味とスケッチにおける形状決定手法をまとめる。

(d) 意匠デザイン支援のためのスケッチ入力システム

上記検討を踏まえて、高付加価値意匠デザイン支援のためのスケッチ入力システムであるスケッチインタプリターシステムの開発を行う。そしてこのプロトタイプシステムの評価を行う。

第 1 章 CAD システムの現状と次世代 CAD への要望

1.1 CAD システムの現状・課題と今後の検討事項

工業製品などの製品デザインにおいて、CAD/CAM システムの利用が広がっているが、現在の CAD/CAM システムは技術者の発想により作られたインタフェースが提供されるため、デザイナー側から必要とされているとは言い難い。また、現在の CAD/CAM システムは、上記の理由から発想支援よりも、立体生成に主眼を置いていることもその理由である。

そこで、本研究においての高付加価値 3 次元モデリングを 2 種類の支援形態に分類し、その柱とする。一つめは、スケッチのプロセスにおける高付加価値であり、思考を発散させる創造型の支援システムである。この型の支援システムでは、デザイナーの思考展開のプロセスをモデルとして扱うことにより、未知の形状を探索するシステムとする。その際には、デザイナーの思考のモデル化、デザイナーの個人的資質のデータベース化、形状創成を促進する知的なシステムといったテーマを検討する必要がある。また、二つめは、レンダリングした形状をデザイナーの意図する形をもとに、データとしてきれいに作成してくれる、代行型の支援システムである。この支援システムにおいては、デザイナーのノウハウのデータベース化、理解しやすい入力インタフェース、モデルの構成要素のデータベース化、といったテーマがある。前者、後者いずれの型においても、デザイナーの思考・知識を明らかにすることが必要である。

そのために、昨年度は意匠デザインのための 3 次元モデリングの現状調査により既存システムの調査を行い、現状技術の整理・体系化を行った。また、意匠デザイナーが要求する 3 次元形状モデリングの検討のために、デザイナーが理想とするデザイン支援環境を有する次世代 3 次元 CAD に対する要求をまとめた。そして以下のように今年度の課題を明らかにした。

- (1) プロトタイプの要求機能案の検討
- (2) 高付加価値形状デザインのための形状創成理論の検討
- (3) モデリング機能検証のためのプロトタイプング
- (4) 高付加価値意匠デザイン支援システムの提案

(5) システム開発の試行によるフィージビリティスタディ

また、プロトタイプシステムには、デザイナーが頭に浮かんだ形状のアイデアを直接入力してモデル化できるような、形状創成の初期段階を支援できる機能が要求される。このプロトタイプにより作られた形状のモデルは、詳細設計に適した既存の CAD への入力となる。

1.2 次世代 CAD への要望

昨年度は以下の 4 項目を調査し、分析を行った。

- (1) 3次元 CAD システムの調査を行い、形状創成のための機能と課題についてまとめた。
- (2) 企業における 3次元 CAD の活用と課題を調べ、CAD への要望をまとめた。
- (3) 3次元形状モデリングの技術的動向を調べ、課題をまとめた。
- (4) CAD システムの現状と取り組むべき課題を整理し、今後の検討事項を提案した。

これらのうちから今後の CAD システムに対する各企業の要望の概略を列挙する。調査した企業は 6 社であり、設計対象などが異なることから、それぞれの意見を列挙するにとどめる。

- (1) 現在の 3次元 CAD の入力インターフェースには、本来実世界ではあるべき拘束条件が存在せず、自由度がありすぎ制御できないことに根源的な理由があるといえる。次世代 3次元 CAD が必要としている入力インターフェースには、日常感覚とギャップの少ない入力インターフェースが期待される。次世代 CAD の実現のためには、(a)物理モデルを考慮した共通プラットフォームの確立、(b)加工法も含めた素材の流通、(c)多数ユーザへの普及を促す、個人所有可能な CAD の開発、が期待される。
- (2) 要望する次世代 CAD システムは、以下の 3つの要素から構成されると考えられる。(a)イメージ・図面・3次元が自由に行き来できるシームレスな、マルチ・モーダル統合型デザイン CAD、(b)発想刺激イメージ・アクセラレータ、形状バリエーション自動生成といった、発想支援を行うインテリジェントな機能、(c)異なるプラットフォームで同様の作業が可能であったり、

異種 CAD との完全データ互換を保証するようなハードウェア・ソフトウェアの開発。そして、上記の要素を反映したシステムを構築することにより、おおまかなイメージを素早く 3 次元形状としてモデリングでき、その 3 次元形状を用いてシミュレーションを行うなど、インタラクティブな操作による挙動チェックを 1 つのシステム上で手軽に行き来することが可能となる。

- (3) デザイナーの利用する CAD として以下のような提案を行う。(a)デザイナー自身がスケッチ並みな手軽さで扱える、(b)スケッチと立体との行き来が容易に行える、(c)立体構成要素ごとに曲線・曲面分割せずに、かたまりベースのモデリングが可能、(d)一度できあがったものから可逆的に自由な変形・修正が可能、(e)CAD 間における完全データ互換性を持つ。さらに、自動車デザインにおいては微妙な線・面の変化が重要であるためフルサイズモデルを作ることが不可欠であり、また、室内空間全体もデザインする必要がある。それらすべてを CAD により実現するためには、高度な VR によるシミュレーションが必要となる。
- (4) 現状 CAD への要望は以下の通りである。(a)デザイン意図に沿った多様な形状入力手法、(b)下流工程とのインタフェースを独立化できる形状モデリング、(c)非専門オペレータでも従来デバイスと同等の分かりやすい入力コマンド・装置・ユーザインタフェース、(d)造形力支援タイプの形状提案型 CAD、(e)画像・図面・仕様書等を融合し、デザイン意図を提案する発想支援 CAD である。
- (5) 現状では、デザイナーの要求に応え得る、ストレスなく利用できる操作性を持つシステムが存在しない。したがって、次世代 3 次元 CAD システムには、性能の高さや機能の豊富さよりも使いやすさに重点をおいたシステムが期待される。そのためには、高度な形状データベースと知識データベースを有機的に結び付けることのできるアルゴリズムと、誰でもストレスなく使えるインタフェースが必要である。
- (6) 次世代 CAD に期待される機能は、(a)厳密な精度の寸法定義を必要としない、あいまいさへの対応、(b)設計変更に対し柔軟に対応し、試行錯誤が容易、(c)部門間における 3 次元データの共有・一元性が保証されること、といった要素を実現したシステムである。

第2章 形状モデリングと形状入力に関する動向

2.1 形状モデリング国際会議場の様子

数学としての幾何学は長い歴史があり、また、コンピュータグラフィックスによる幾何情報の処理についても50年以上前から研究開発がなされてきた。しかし、形状モデリング (Geometric Modelling) については、「計算機で3次元形状を扱う」ということ概念が明確にされたのは40年ほど前であり、厳密に理論化されたのは、1970年代初頭の立体モデリング (Solid Modelling) 研究のころであると考えてよいであろう。その後、形状モデリングの理論化や計算機によるシステム化は、当初に期待されたほどには急速に進歩しなかった。CADやその他の分野からの要求が明確でなかったことや、計算機やグラフィック装置の能力が十分でなかったことが原因であろう。しかし、数学者やコンピュータサイエンスの研究者が理論的興味から形状処理の課題に取り組み、また、設計生産性の向上のために工業界からの要求も高まって、最近の10年間に理論的にも実用的なシステム開発においても、大きな進歩を遂げたと見ることができる。

形状モデリングの研究分野をざっと分類してみると、以下のようになるであろう。立体モデリングと曲面モデリング (Surface Modelling) で若干の相違があるが、これらの二つを区別することは現代においてはあまり意味が無いので一般的に形状モデリングについて考えていく。

- (1) 形状構成の基礎理論 (位相構造、曲面式など)
- (2) 計算幾何学 (計算量、数値計算の頑健性など)
- (3) 形状構成のアルゴリズム (モデル表現、形状生成処理)
- (4) 形状情報の利用や入出力処理 (CAD/CAM、コンピュータグラフィックスなど)

上記の(1)については十分な研究がなされてきたが、理論をシステムとして計算機上に実装するときには、実用的な計算量の算定や、とりわけ計算機の有限桁計算から不可避免的に生ずる数値計算誤差に対する対策が必須であり、(2)の研究開発に対する期待は高いが、現状では実用的に適用可能な理論的成果は乏し

く、今後の課題が多い。(1)や(3)については、既存の理論の枠組みでの研究は出尽くした感じがあり、(2)の課題を基本的に回避するためにも、新しい理論的なアプローチが求められている。それにより、やや手詰まりの感じがある(4)の研究開発にも新しい展開が見込まれる。

以下のような方向が、今後期待される理論的あるいは技術的課題であるが、いずれも困難な課題である。

- ・曖昧さを許容するモデリング（曖昧な境界）
- ・形状の特徴を直接表現するモデリング（大域的、局所的）
- ・形状表現の精度を制御できるモデリング（概念的 ↔ 詳細形状）
- ・変形や動きを自然に表現できるモデリング

更に本質的には、人が発想した形状を容易に計算機にモデル化できる体系や発想そのものを支援できる体系が必要であるが、これらは、上記のようなモデリングの枠組みを根本的に拡大することにより解決されていくであろう。

形状入力の実用的に重要な課題であり、上記のような本質的な問題の解決と並行して、現実的に問題を解決していかねばならない。以下のような多様な方法が開発されている。

- ・メニュー入力とグラフィックフィードバック
- ・2次元スケッチの取り込み
- ・3次元動作の取り込み
- ・実体形状の計測（3次元測定機、画像）

いずれの手法も、既にある程度形状概念が固まっている場合には適用の可能性があるが、形状の発想段階を想定しているものはほとんど見当たらない。CADの導入が進んでいる分野では、意匠デザイン部門においても、CAD化を推進しようとしているが、その考え方は様々であり、それに従って、適用できる手法も異なってくる。実体プロトタイプを作成する場合には計測が、デザイナーとオペレータが共同で作業を進める場合には通常のCADに近いユーザインタフェースが用いられる。発想支援としてCADを用いるためには、デザイナーがより直接的に操作できる形状入力法の開発が必須である。

2.2 CAD に関する現状

2.2.1 デザイナーのコンピュータ利用環境

インダストリアルデザイナーの CAD 環境に触れる前に、デザイナーがどんなコンピュータツールを使っているかを見ておこう。日経 CG の 1998 年 3 月号に掲載された調査結果[1]によれば、インダストリアルデザイナーが使用するコンピュータを OS で分類すると、

1	Mac OS	34.0%
2	Windows95	28.0%
3	WindowsNT	14.0%
4	UNIX	14.0%

の順になっている。また、デザイナーがよく使うアプリケーションソフトウェアについての調査結果は、以下の順になっている。

1	Adobe Photoshop (フォトレタッチ)	56.0%
2	Adobe Illustrator (2次元ドロー)	38.0%
3	Shade (3次元CG)	18.0%
4	STRATA STUDIO Pro (3次元CG)	18.0%
5	Ashlar・Vellum (3次元CAD)	18.0%
6	MiniCAD (2次元CAD)	16.0%
7	AutoCAD LT (2次元CAD)	12.0%

以上の調査結果からは、デザイナーと Macintosh の強いつながりが見てとれる。また Adobe Photoshop や Adobe Illustrator のような 2次元グラフィックソフトウェアの利用率にくらべ、3次元ソフトの利用率はかなり低いことがわかる。Macintosh は画像処理やイラストレーションを中心にデザイナーにとってなくてはならないツールである反面、CAD のプラットフォームとしては Windows に比べて弱い。AutoCAD のような普及型の CAD も Macintosh では使用できないし、機械設計に使われるハイエンドの 3次元 CAD もほとんどが Windows または UNIX 上のソフトである。

この調査はすでにコンピュータを活用しており、しかもコンピュータグラフィックスの専門誌を読んでいる先進的なインダストリアルデザイナーだけを対象にしたものだが、一般的にはコンピュータ自体を使用していないデザイナーもたくさんいる。デザイナーの CAD 環境を考える上では、まずこうした現状をふまえておきたい。

2.2.2 デザイナーを取り巻く環境の変化

これまでのインダストリアルデザイナーは、自分自身のデザイン作業をいかに効率化するか、という基準でコンピュータやアプリケーションを選べばよかった。その結果、2次元のグラフィック処理に強く、直感的に操作できる Macintosh 中心のシステムがデザイナーの標準環境になった。しかし、昨今のデザイナーの置かれている環境は大きく変わってきた。

(1) 3次元 CAD の普及と生産効率の追求

一つは、後工程である設計部門や製造部門から3次元データによるデザインの提出が求められてきたことである。大企業を中心に設計・製造部門への3次元 CAD の導入が急速に進んでいる。設計・製造部門では、同一の3次元モデルデータを各プロセスで共有することにより、大幅な生産性の向上に成功した。これをデザイン部門にまで敷延しようという動きである。

この場合、設計・製造部門がデザイナーに要求する3次元データとは、おもにソリッドモデルを使った3次元 CAD データのことであり、デザイナーが比較的に利用している3次元 CG ソフトのデータではない。3次元 CG ソフトと機械設計に使われる3次元 CAD ソフトはデータ構造がまったく異なるので、データ交換による再利用はほとんど不可能である。

設計・製造部門では、デザイン部門から提出された3次元 CAD データを元に機構部品を組み込んだり、金型データを作成してゆきたい。また、場合によっては機構部品を大まかに配置した3次元 CAD データをデザイン部門に提出し、それをもとに意匠設計をさせたいと考えている。この場合、デザイン部門にとっての3次元 CAD は後工程である設計・製造部門とのインターフェースという意味合いを越え、デザイン作業そのものを行う基本的な作業ツールと位置づけられる。

(2) 3次元 CAD によるデザイン作業の効率化

もう一つは、デザイン部門に対する生産性向上の要求が前にも増して強く求められてきたことである。これまでも、ユーザの嗜好の多様化と商品寿命の短期化に対応するため、デザイン部門はつねに効率化を求められてきた。

しかし、現在のインダストリアルデザイナーたちは、コンピュータ技術の進歩をできるだけ取り込んだデザインプロセスの大改善を求められている。例えば、試作回数の削減はコスト面でも開発期間の面でもドラスティックにデザイン作業を効率化する。そして試作回数の削減には、3次元CGによる視覚シミュレーションや3次元CADデータを使ったラピッドプロトタイピングが非常に有効であることが証明されている。3次元CADやCGを利用することは、企業内のデザイン部門はもとより独立系のデザイン会社にとっても、もはや避けて通ることのできない課題になりつつある。

(3) デザインの幅を広げる

一方、こうした生産性向上圧力による3次元CAD/CGツールの導入とは別に、デザイナーが自発的に3次元CAD/CGの利点を発掘して利用している例も、最近増えてきた。[2]

デザイナーサイドから見た3次元ツールへの期待は二つある。一つは新しいデザインを発想するときの支援ツールとして[3]、もう一つは、プレゼンテーションやデザインの最終確認などに利用する表現ツールとしての期待である。いずれも、デザイナー本来の活動の幅を広げようという狙いである。

発想支援に3次元ツールを活用している例としては、ある大手化粧品メーカーのデザイン部門を挙げることができる。ここでは、感覚的な指令をコンピュータシステムに与えることにより、モデル形状にさまざまなバリエーションを派生させ、同時に高精度のレンダリング画像を生成してデザイン作業の初期段階の効率化に成功している。[2]

表現ツールとして3次元ツールをデザイン作業に活用している例は多い。もちろんフォトリアリスティックな静止画像を作成することで、試作工程を待たずに完成像を確認する方法もそうだが、最近では3次元モデルをもとにアニメーション（動画像）を作成し、動的なデザインを確認する例も出てきた。例えば、パトカーの車上に取り付ける赤色回転灯の完成予想を、アニメーションを作成することにより確認した例などがある。また、街や室内を撮影した映像の中にコンピュータ上でデザインしたものを合成し、デザイン評価に利用した例なども報告されている。[2]

2.2.3 デザイン業務に使いにくい 3 次元 CAD

このように、3次元 CAD/CG ツールの活用は今日のデザイナーにはとって避けて通れない課題であり、また日増しにその重要度を増している。しかし、3次元ツールの中でもとりわけ機械設計用 3次元 CAD に関しては、その開発の由来が設計・製造部門の合理化に置かれていたため、基本的にデザイン業務に適したシステムにはなっていない。以下では、デザイナーが機械設計用の 3次元 CAD を利用しようとしたときに発生する問題について整理してみる。

(1) 自由に試行錯誤を繰り返せない

機械設計に使われる 3次元 CAD は、フィーチャベース・パラメトリック変形というモデリング手法を採用したものが主流である。これは、ソリッドモデル（閉じた面からなり、中味が詰まった状態と仮定された 3次元モデル）のプリミティブ（立方体や球体など）形状に、さまざまな変形を加えて希望する形状を作り上げていく手法である。最初にいくつかの拘束条件（面と面の平行関係や許容間隔など）を与えることで、最終的に整合性のとれた部品形状が比較的簡単にモデリングできるという特徴がある。機械部品のモデリングには非常に有効であるとされている。

しかし、でき上がった形状に対して変更や修正を加えたいと思っても、ときには相当に手順をさかのぼって作り直さなくてはならない場合が生じる。これは、プリミティブに対する拘束と変形の履歴がモデルデータに厳密に残されているためである。モデリングを開始する前に、ある程度、最終的な形状が分かっている場合にはよいのだが、試行錯誤を伴うような作業では、とても使いにくい。

デザイン作業は、多くの場合、試行錯誤が伴う。むしろ、いかに効率的に試行錯誤を繰り返せるか、というのがデザイン用ツールの使命である。その意味で、機械設計用に開発された現在の 3次元 CAD は、デザイン用ツールとしては本質的に向いていない。

(2) データ交換が困難

もう一つの問題は、ソリッドベースの 3次元 CAD 間でデータ交換が難しいということである。機械系の 3次元 CAD は、製品ごとに別々のソリッドモデリングカーネルを採用している。仕様を公開していないカーネルとの間では、正確にデータを変換できない。デザイン部門が設計・製造部門に対して CAD データによる納品を実現しようとする、この問題が大きなネックになる。

企業のデザイン部門は、かなり大きな製造メーカーでもたいてい1カ所に集約されている。もし、事業所（設計・製造部門）ごとに異なる3次元CADを使っていたら、デザイン部門ではそれぞれに対応した3次元CADを用意しなければならない。これは、費用の面でも、CADソフトの操作の習得という面でもデザイン部門にとって大きな負担になる。

独立系のデザイン会社の場合は、この問題はさらに深刻である。不特定多数のクライアントに対応しようとしたら、ほとんど全種類のCADソフトをそろえなくてはならない。これは事実上、不可能である。

(3) 値段が高い

機械設計用の3次元CADをデザイナーが使えるかどうかを考える上で、もう一つの問題は価格である。大手製造企業の設計・製造ラインで使われているハイエンドの3次元CADは、1シート数100万円で、UNIXワークステーションや保守契約、教育などのコストまで含めると1ユーザにつき500万円から1千万円近い投資が必要となる。設計・製造部門は設備投資の規模が大きいので、こうした価格でも許容できるのだろうが、デザイン部門や独立系のデザイン会社にとっては非常に大きな負担となる。

Adobe PhotoshopやAdobe Illustratorなどパソコン上の10万円前後のツールを使ってきたデザイナーたちは、もっと手頃な価格帯で購入できるツールを強く望んでいる。最近、WindowsNT上で稼働するパソコン用の3次元CADも増えてきたが、ソフトウェアが100万円前後、高性能のグラフィックスボード付きハードウェアもやはり100万円以上はする。

多くのデザイナーの置かれている現状は、低価格な3次元CGソフトを使って立体モデルを作り、最終仕上がり状態をシミュレーションしている段階である。デザイン部門への3次元CADの導入は、まだ一部の大企業にとどまっている。

2.2.4 製品開発が盛んなサーフェスマデラー

ここまでは、機械設計用のソリッドベースの3次元CADを中心に述べてきたが、インダストリアルデザインに特有のアプリケーションであるサーフェスマデラーについて最後に触れておく。

自動車のスタイリング分野などでは、自由曲面をコンピュータ上で正確に定義（デザイン）して、そのデータを直接、金型製作に利用することが行われる。

この場合、高精度の自由曲面の作成だけに専門化して、高次の曲面関数やさまざまなトリム機能をサポートしたサーフェスベースの3次元モデラーを使う。

最近では、自動車だけでなく家電製品のような分野でも自由曲面を多用したデザインに対する要求が高まり、こうしたサーフェスマデラーを使うケースが増えてきた。この分野では、カナダの Alias | Wavefront 社が販売する「Alias Studio ファミリー」が代表的な製品であり、長く独占的な地位を占めてきた。

しかし、この製品は元々、自動車会社を主要用途に開発されたこともあり、機械設計用3次元CADと同様、価格が高い。例えば、自動車デザイン用のフル機能パッケージ「Alias AutoStudio」の価格はソフトウェアだけで1000万円を超える。

サーフェスマデラーは Alias のほかにも、国内外のメーカーからさまざまな製品が開発・販売されており、デザイナー向けの3次元ツールとして次第に市場を拡大しつつある。大きく分けると、機械設計用3次元CADのデザイン用モジュールとして開発された製品と、はじめからデザイナー向けに開発された製品に分類できる。いずれも、作成したサーフェスマデラデータを3次元CADソフトに転送できる機能を持っており、3次元CADとの親和性が高い。

デザイン業務向けに開発された国産のサーフェスマデラーには、ソニーの「FRES DAM」や(株)エヌ・ケー・エクサの「Design Spinnaker」などがある。後者は、サーフェスとソリッドの両機能を持ち、また従来の3次元CADに比べ拘束のゆるいソリッドモデリングを採用しているため、試行錯誤の多いデザイン業務に向いていると言われている。

このほか、最近、米 Robert McNeel & Associates 社が開発した「Rinoceros」という製品は、Alias Studio に似た高度なサーフェスマデリング機能を持ちながら20万円以下の価格で販売され、話題を呼んでいる。[4]

[1] 安保 秀雄, 田島 進: “1998年グラフィックユーザーのコンピュータ利用環境調査”, 日経 CG 1998年3月号 pp.116-161, (1998)

[2] 安保 秀雄: “特集 3次元CAD/CG ツールを活用し始めたプロダクトデザイナーたち”, 日経 CG 1998年12月号 pp.128-146, (1998)

[3] 伊丹 由和: “発想支援のための3次元ツール活用のススメ”, 日経 CG 1998年12月号 pp.147-151, (1998)

[4] 平田 昌信: “特集 進化するサーフェスマデラー”, 日経 CG 1999年1月号 pp.58-75, (1998)

2.3 形状デザインシステムにおける形状入力システム

本章では、(株)エヌ・ケー・エクサが開発・販売している DS/Perspective について概要、特徴および操作手順について紹介する。本システムは情報処理振興事業協会の創造的ソフトウェア育成事業の一環として開発されたソフトウェアをベースに商品化されたものである[1]。

2.3.1 DS/Perspective の概要

DS/Perspective は、デザインの初期の段階で作成されたスケッチから簡単な操作で 3 次元化できるシステムである。製造業の競争力強化には、デザイナーの発想段階から設計・製造にいたるまでをシームレスにデジタル化することが重要な課題となっている。従来は、企画・デザイン段階での発想や試行錯誤の段階での 3 次元デジタル化を行うための有効な方法がなかったために、企画・デザインの初期段階とデザインの最終段階ではデータが連携しないという問題点があった。DS/Perspective は、すでに作成されたスケッチを下絵にトレースしたり、画面上で直接描いたスケッチから自動的に 3 次元化を行うことでその解決を図っている。

DS/Perspective はコンセプトチャルデザインを行っている、自動車、家具、精密機器、パッケージ、家電などのインハウス、フリーランスデザイナーをターゲットユーザとしている。ここで作成されたデータはデザイナー向けの本格的な 3 次元 CAD である DS/Styling へ渡してより詳細なデータを作り込むことができる。

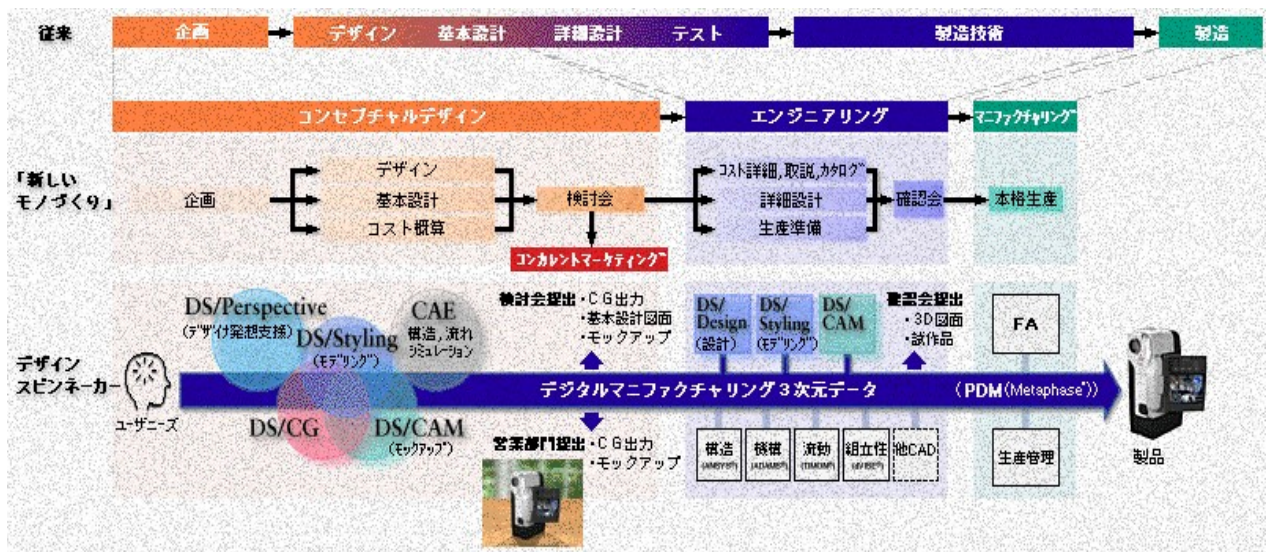


図-2.3-01 新しいデザインプロセスを実現するための DS/Perspective の位置づけ

2.3.2 デザインフェーズのどこで適用するか

デザインフェーズは大きく 3 段階（ステージ）に分けて考えられる。

- ・ラフステージ 1 : コンセプトに基づくラフスケッチの作成
- ・ラフステージ 2 : 細部を検討し立体化する
- ・ディテールステージ : 立体モデルによる詳細部の作り込みとデザイン決定

モックアップのデジタル化、設計へのデータによる伝達を行うために、デザイナーにとって使いやすい CAD の導入が、上記の第 3 ステージであるディテールステージで進められている。しかしながら、ラフステージ 1 の出力であるイメージや 2 次元スケッチとディテールステージでの 3 次元データ化との間のラフステージ 2 には大きなギャップがあり、次に示す 2 つの問題点があった。

- (1) 操作性の面で、3 次元 CAD ではラフステージに適用が難しいこと。
- (2) データ連携の面で、スケッチ編集ツールや CG ツールでは 3 次元 CAD で使えるデータが作れないこと。

DS/Perspective は、この問題点を解決するために、既存のスケッチ編集ツールと同じ操作感覚で 3 次元図形を作成し、作成された 3 次元図形はそのまま 3 次元 CAD で使えるように設計されている。これにより、ラフステージ 1 およびラフステージ 2 の垣根は取り払われてコンセプト立案から 3 次元で試行錯誤を行うステージへ、ディテールステージは事前に 3 次元化が行われているために商品コンセプトをより速く決定するステージへと変化することが可能となる。

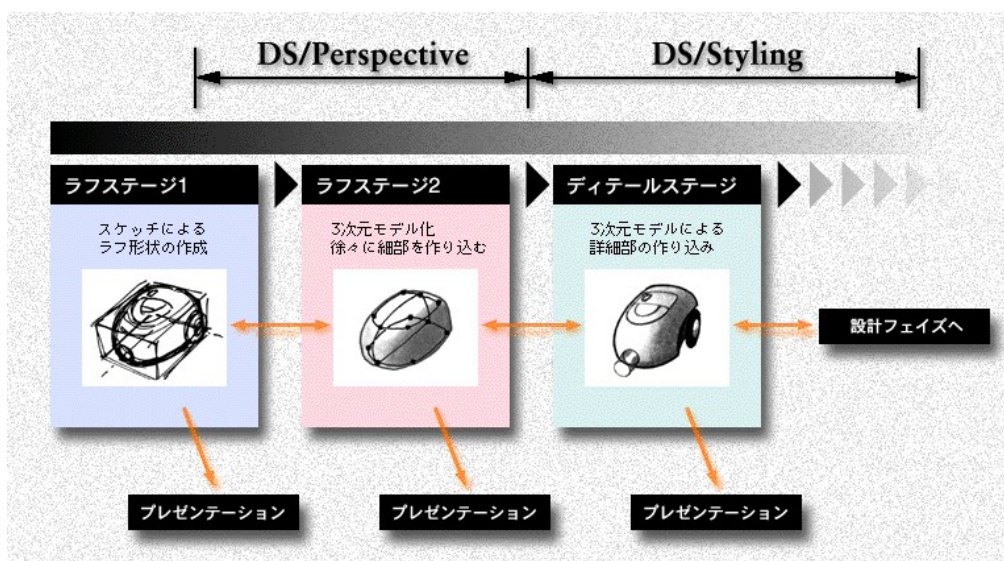


図-2.3-02 デザインフェーズと適用システム

2.3.3 DS/Perspective のアプローチ

(1) 目的

2.3.2 で述べたように、DS/Perspective はデザインフェーズからのシームレスなデジタル化を実現するために、次に示す項目を目的としている。

- (a) デザイナーの意図決定を支援する。
- (b) デザイナーの日常の言葉で思考することができ誰でも簡単に立体形状が作成できる。
- (c) デザインの意図を顧客や設計部署に的確に伝達する。

(2) 課題

上記の目的を実現するために、品質展開法を用いたデザイナーからのヒアリングやアンケート調査をベースに次に示す課題および解決策を設定している。

(a) ラフで使えて、精密にできる

2次元のスケッチと3次元のモデリングが共存することができる。すなわち、ラフスケッチを読み込んで2次元曲線が描け、3次元曲線・曲面が生成できる。また、生成されたラフな3次元曲線や曲面からきっちりとした形状や加工し易いデータに変換して、デザインの詳細段階や設計でも使うことができる。

(b) 試行錯誤できる

曲線や曲面の変形が簡単に行えることや、スケッチをベースとしたパラメータを変更して形状を再生成できること、UNDO/REDO など、作業を元に戻したり、その逆の機能を提供する。

(c) 醒めない・注意が散漫にならない

ツールにより思考が妨げられないように、2次元のスケッチから即座に3次元化できる機能および直感的なユーザインタフェースを提供する。

(d) デザインのパターンごとに作成できる

相貫線から構築するデザインや、複雑な曲線や曲面から構築されるデザイン、箱型の形状などから構築するデザイン等のパターンに応じて、形状作成が容易にできる。

(e) 出力が確認できる

作成した3次元形状をモックアップとして出力、あるいは、他の会社やメンバーの人がネットワーク上で確認できるためのデータ (VRML など) に出力して形状を確認することができる。

(3) 前提となる理論・技術

前項で述べた機能を実現するために、前提となる理論・技術について簡単に示す。

(a) スケッチの 3 次元化理論

DS/Perspective の最大の特徴であるスケッチから自動的に 3 次元曲線を生成する機能を実現するために射影幾何処理技術を使用している。ここでは、1 つの投影方向のスケッチが 3 次元形状として面对称性であることを仮定して 3 次元位置を算出する射影幾何処理技術[2]をベースに、実際のスケッチに基づく様々な編集作業と親和性を保つように処理方法を拡張している。基本的な原理図を下図に示す。

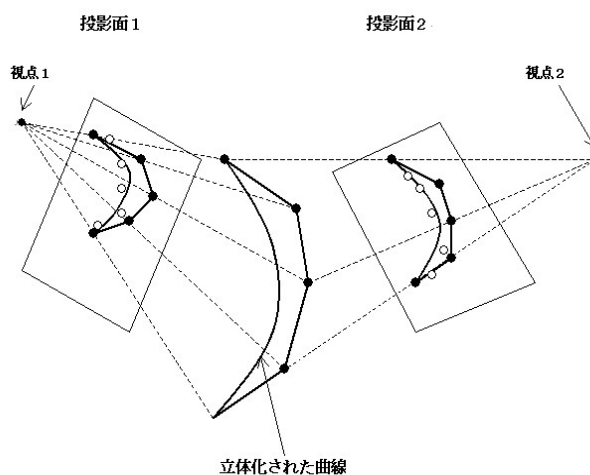


図-2.3-03 スケッチの 3 次元化理論

(b) 形状処理理論

DS/Perspective で生成された 3 次元図形は次工程で使用される CAD へ渡してもそのまま使用できるように 3 次元曲面を NURBS で定義、保持している。曲面編集機能や CAD との連携機能を実現するために NURBS に関する形状処理理論[3]を使用している。

2.3.4 DS/Perspective の特徴

2.3.3 のアプローチで開発された DS/Perspective (Ver1.0) の特徴について以下に述べる。

- (1) 既存のスケッチデータやイメージを取り込んで、3次元ワイヤーが簡単に描け、デザインが試行錯誤できる。

既に使っているスケッチ入力システムの操作感覚で2次元曲線を描いたり編集して、自動的に3次元化することができる。生成された3次元曲線も2次元曲線と同じように変形でき、3次元曲線から簡単な曲面の作成や変形まで行うことができる。既に描いた下絵や2次元曲線データを取り込んで作業を行うことができるため、今までの作業やツールを無駄にすることなく既存の資産を生かすことができ、操作感覚も似ているため違和感なく使うことができる。また、生成された3次元形状の大きさなどの寸法値を数値的に指定することも可能である。

- (2) 作成した3次元形状をそのままデザイン決定フェーズや設計のCADへ渡すことができる。

- (3) Java で構築されている。

オブジェクト指向で設計され、実装はJavaで構築されている。Javaで構築された本格的な3次元入力システムは世界でも例がほとんど見受けられない。将来的には、プラットフォームごとに異なるバージョン管理が軽減されることや、全社間でネットワーク透過な環境で作業ができることが期待されている。

2.3.5 DS/Perspective の操作手順

(1) 下絵を読み込む機能

既に描かれた透視図スケッチの下絵を読み込んで、2次元曲線や3次元曲線・曲面と重ねて表示させることができる。下絵としては、GIF フォーマットや JPEG フォーマットを読み込むことができる。

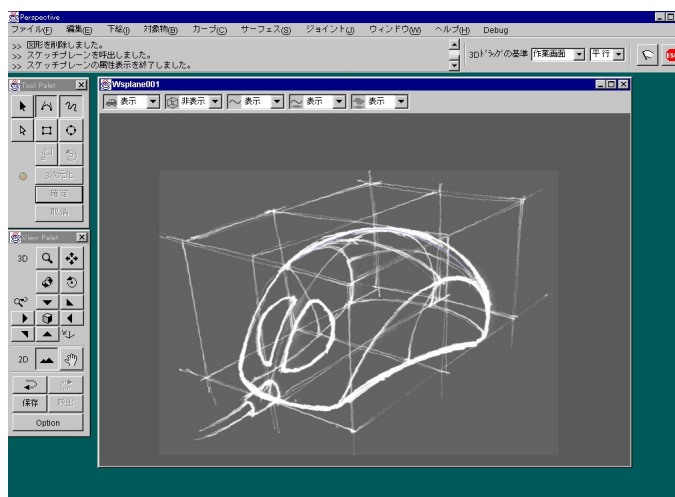


図-2.3-04 下絵の読み込み

(2) ビューを設定する機能

既に読み込まれた透視図スケッチをベースに、ボックスの頂点を操作することで、空間的に見る方向および対象物の大きさが推定できる。

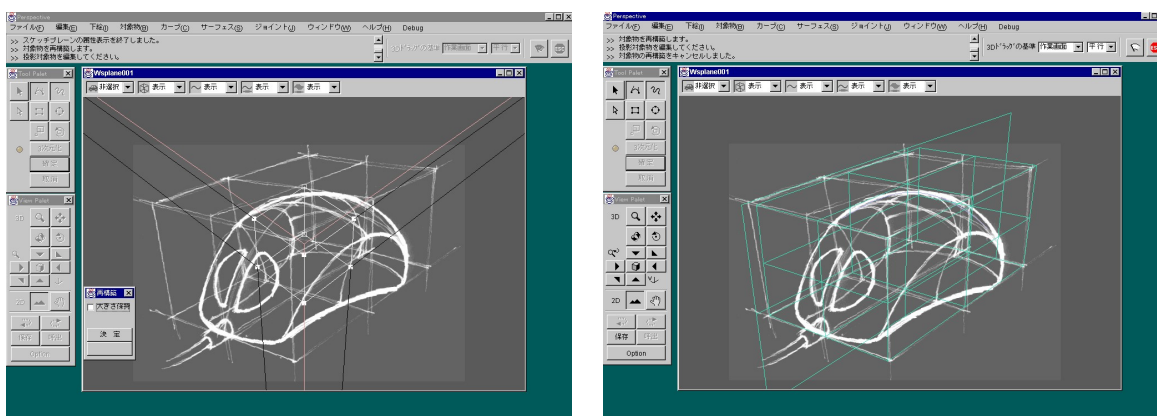


図-2.3-05 下絵からビューを推定する操作

(3) スケッチを入力する機能

既に読み込まれた透視図スケッチをベースに、必要な曲線をトレースできる。操作性は、通過点を示しながら作成したり（ポインティングツール）、フリーハンド感覚で作成する（フリーハンドツール）ことができる。生成した2次元曲線は構成点および接線方向のハンドルを編集して変形することが可能である。

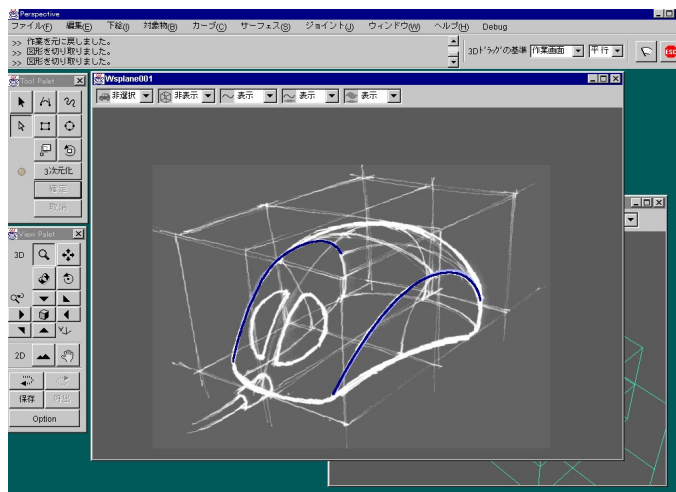


図-2.3-06 下絵をトレースしてスケッチを生成する

(4) 自動的に3次元化する機能

既に生成された2次元曲線から3次元曲線を生成することができる。1つまたは複数のスケッチプレーン（見る方向）上に描かれた2次元曲線群を立体化できる。下絵を用いることなく、透視図の2次元曲線を作成して、立体化することもできる。

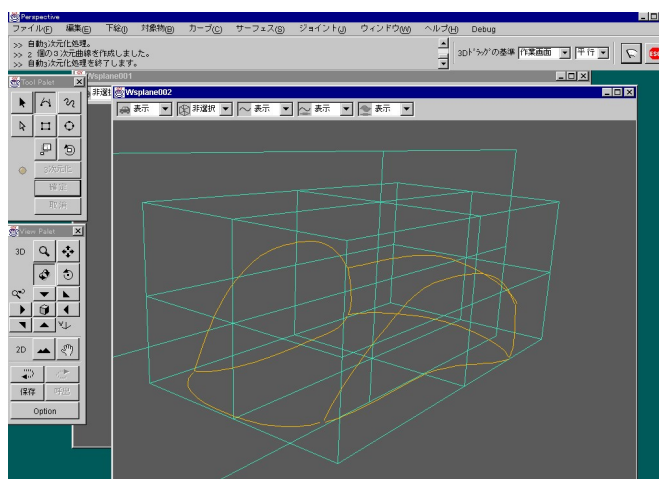


図-2.3-07 自動3次元化機能で3次元カーブを生成

(5) 3次元カーブを編集する機能

生成された3次元曲線は2次元曲線と同じように、構成点および接線方向を示すハンドルを用いて2次元的に編集することができる。簡単なスムージングを行うことも可能である。また、選択した3次元曲線群の端点を端点同一、接線連続、接線垂直の条件で変形させながら、自動的に接続したり、ジョイントデータを設定することができる。

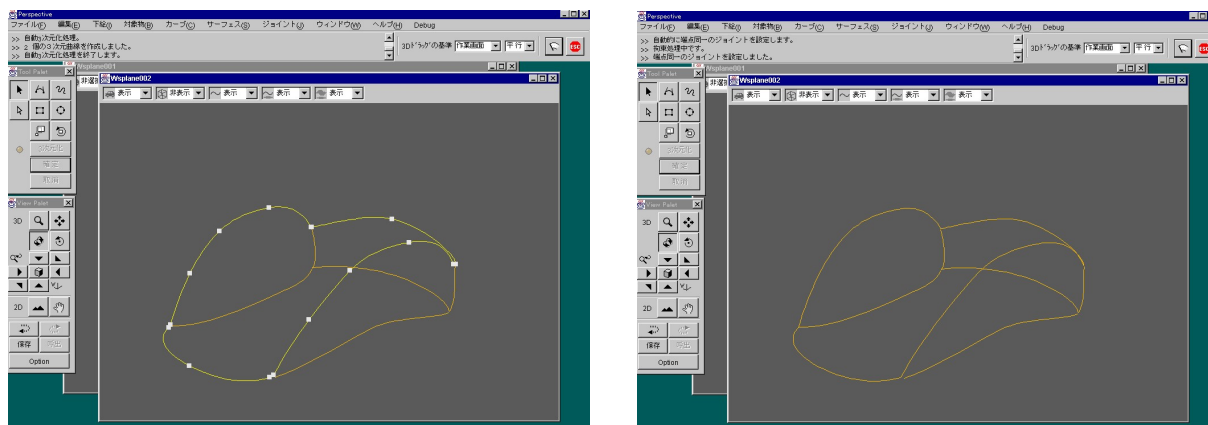


図-2.3-08 3次元カーブの編集（端点を自動的に接続）

(6) サーフェスを作成する機能

生成された4辺の3次元曲線から、あるいは2辺の3次元曲線を補間してサーフェスを作成したり、稜線（外形線）を示す2次元曲線から変形することができる。

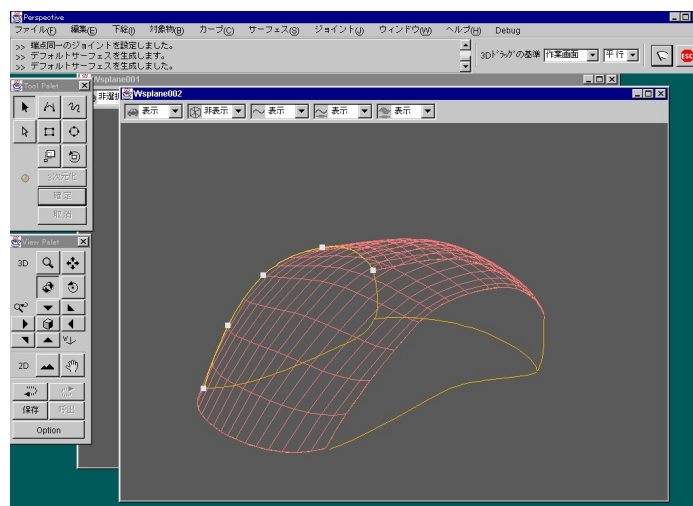


図-2.3-09 サーフェスの生成

(7) 操作性を向上させる充実した機能群

その他に、DS/Perspective での操作を向上させる様々な機能がサポートされている。

- (a) 画像編集機能：モノクロ化したり、色相・彩度・明度を編集できる。Adobe Photoshop と連携して編集が可能である。
- (b) 図形編集機能：移動、拡大、縮小がマウス操作で簡単に行える。また、相対値あるいは絶対値で数値編集することも可能である。
- (c) 表示管理機能：ビューやパースをダイナミックに変更することができる。簡易シェーディングで表示することも可能である。
- (d) UNDO/REDO：図形編集作業の戻しや、やり直しが行える。
- (e) データインタフェース：

Adobe Illustrator ファイル（2次元曲線、配置画像）の入力
GIF・JPEG フォーマットの入力
DS/Styling 用ファイルへの出力

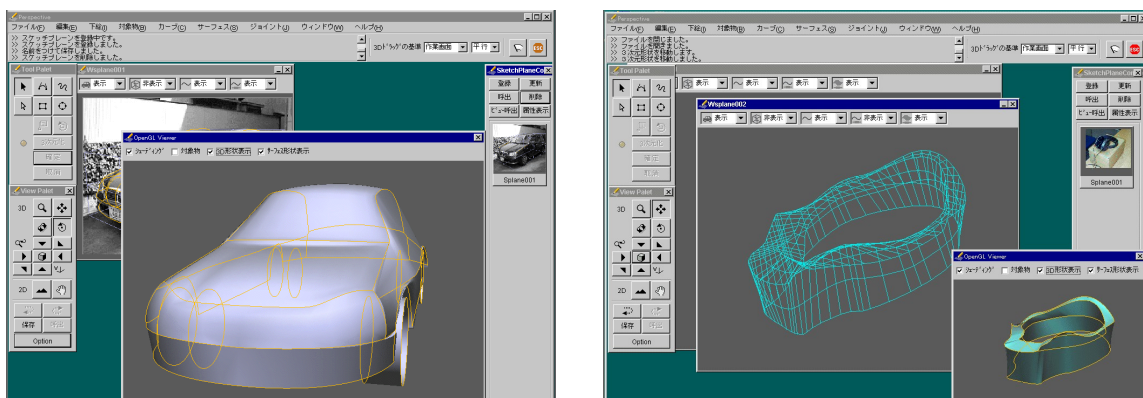


図-2.3-10 自動車やパッケージ製品への適用例

2.3.6 今後の方向性

DS/Perspective(Ver1.0) はラフスケッチを読み込んでから簡単に3次元曲線を生成し、その曲線から自由曲面を作成することができ、作成した形状をCADへ渡すことができる、という段階まで到達することができた。

今後も、コンセプトデザインを支援し詳細デザインまでの橋渡しを行うツールとして2.3.3 DS/Perspectiveのアプローチで述べた課題の解決へ向けて発展させていく予定である。

関連文献:

[1]青木 潔,遠藤 明彦,加藤 立朗:” 人間の発想を立体図形に翻訳するソフトウェア” ,創造的ソフトウェア育成事業及びエレクトロニック・コマース推進事業最終成果発表会論文集,(1998年5月)

[2]金井 理,遠藤 明彦,堀田 邦彦,青木 潔:” デザインスケッチからのリアルタイム NURBS 曲線生成の研究 “ ,精密工学会春季大会学術講演会講演論文集,(1997年3月)

[3]Leslie Piegl and Wayne Tiller:” Curve and surface constructions using rational B-splines” ,Computer Aided Design,Vol.19 No.9 ,(Nov.1987)

2.4 手描きのスケッチによる自由曲線の生成

2.4.1 はじめに

デザイナーはプロダクト・デザインを行う場合に、紙の上に手描きでさまざまなアイデアを表現する。これは通常スケッチと呼ばれている。スケッチはプロダクト・デザインにおけるアイデアの視覚化技法の代表的な名称であり、段階的なデザイン検討のために行うアイデアの簡明な表示である[1]。対象とする製品の大きさや種類によって正投影法である正面図、側面図および上面図としてスケッチを描く場合と透視投影法により描く場合がある。

本研究で取り扱うスケッチはすべて正投影法で描かれたものである。スケッチから自由曲面を生成する場合の枠組みとなる線を抽出して、既に報告したCAD/CAMシステム[2]を使用して、自由曲面を生成するための枠組曲線を生成する。そして枠組曲線を補間して自由曲面を生成する。生成した自由曲面に対し、工具径路を生成して、NCマシニングセンタで加工することにより実体模型を製作する。

このような方法でスケッチからすぐさま実体模型がデザイナーの手に入るなら、デザイナーは視覚的および触覚的にデザインした形状を把握することができるため、アイデアの発想、展開から煮詰めまでの期間を大幅に短縮することができる。

本研究の目的はデザイン・プロセスにおけるアイデアの発想、展開から煮詰めまでの期間の短縮である。

2.4.2 画像処理技術によるエッジの抽出

輝度が似ている部分を一つの領域とすると、領域と領域の境界では輝度が急激に変化している。この境界をエッジと呼ぶ。スケッチに描かれている線は画像処理の見地からはエッジである。

以下にスケッチをスキャナによりコンピュータに入力し、新しく考案した画像処理技術を使って、エッジを検出する方法を述べる。

(1) 対数画像への変換

一般に手描きのスケッチには背景としてさまざまな色と輝度のグラデーション（濃淡）がつけられている[3]。

このような場合に人間の目には暗い領域に描かれた線も明るい領域に描かれた線と同じように線として認識できるが、コンピュータによる認識は容易ではない。この理由は暗い領域に描かれた線の輝度とグラデーションとして塗られている領域の輝度の差が小さいからである。このように輝度の差が小さい場合、暗い領域に存在する線を認識するために、しきい値を下げると明るい領域において線ではない輝度勾配部分を線と認識してしまう可能性がある。輝度の分布に従っていくつものしきい値を領域ごとに設定することも考えられるが、領域の区切り方が複雑になってしまう。そこで暗い領域に対しても、明るい領域に対しても、単一の方法を適用することにより描かれた線を抽出することができるように原画像を対数画像に変換する。

この手法は原画像の暗い領域の輝度を増大させ、明るい領域の輝度を減少させることにより、異なる領域において、背景の輝度と抽出しようとする線の輝度の比を等しくしようとするものである。

原画像の例を図-2.4-01 に示し、対数画像に変換した例を図-2.4-02 に示す。図-2.4-01 の暗い領域が図-2.4-02 では明るくなっており、上述した対数変換が有効に作用していることがわかる。

(2) エッジの検出

エッジにおける輝度の急激な変化を輝度の微分値を用いることによりエッジの位置を検出することが考えられる。このために1次微分(グラディエント)や2次微分(ラプラシアン)が用いられる。エッジの位置検出の原理を図-2.4-03 に示す。

図-2.4-03 では一次元の対数画像 $f(x)$ を考える。横軸は一次元の画像(画素)の位置を示し、たて軸は輝度を示している。グラディエント・オペレータを作用させると $f'(x)$ が算出され、ラプラシアン・オペレータを作用させると $f''(x)$ が算出される。 $f''(x)$ には正負の2つのピークがあり、その間の位置で $f''(x)$ がゼロとなっている。この点をエッジの位置として検出する。このようにラプラシアン・オペレータを対数画像に作用させることによりエッジとみなされる画素の位置を検出することができる。この位置は原画像における位置と一致している。そしてこれはスケッチにおいては線の位置に相当する。

本研究の目的はエッジの強調ではなく、エッジの位置の検出であるため、対数画像に直接ラプラシアン・オペレータを作用させることによりエッジの位置を検出する。

(3) しきい値の決定

ヒストグラムというのはグレーレベルのグラフであり、画像信号がアナログである場合はヒストグラムは曲線になるが、デジタルの場合には図-2.4-04 に示すように棒グラフになる。図-2.4-04 では横軸に輝度の勾配を取り、たて軸に頻度（度数）を取っている。この図の場合、ピークが 2 つあるのでその間の谷部がしきい値と考えられるが、ピークが 2 つあるということは、抽出すべきエッジが 2 ヶ所にある可能性を示している。いいかえれば相対的に暗い領域にエッジが存在し、しかも相対的に明るい領域にもエッジが存在する可能性を示している。

もし、図-2.4-04 の谷部にしきい値を設定すると、暗い領域に存在するエッジを検出する機会を失ってしまう。前節で述べたように、一般にスケッチにはさまざまなグラデーションが施されている場合があるため、ヒストグラムにはいくつものピークが存在する可能性がある。

そこで、しきい値の決定は、全体の頻度の何%というような値を入力することにより、デザイナーがインタラクティブに行う。決定されたしきい値を使って対数画像は 2 値画像に変換される。しきい値が決定された例を図-2.4-05 に示す。四角いマークは検出されたエッジの位置を示している。

図-2.4-05 を見ると、グラデーションを施された暗い領域のエッジも検出されているのがわかる。そして前節で述べた方法が有効に作用していることがわかる。

2.4.3 検出されたエッジからの自然スプライン曲線の生成

前節で得られた 2 値画像に対して細線化を行う。本研究の細線化手法は線を細くするのが目的であり、エッジが切れてしまっても全くかまわない。

細線化されたエッジは点群として認識され、これらの点群を平滑化するために自然スプライン曲線を導入する。桜井明[4]によれば点群を平滑化する自然スプライン曲線は Schoenberg[5]によって Whittaker[6]のアイデアを拡張した方法として提案された。

本研究では桜井明の方法を使用するが、 x - y 座標に依存する方法であるため画像内において x 値が増減するような場合には使用できない。そこで、パラメータを導入し、ベクトル関数に拡張することにより、さまざまな状態に配置された点群に対処できるようにする。

2.4.4 B-Spline 曲線への変換

自然スプライン曲線は形状制御が難しいので B-Spline 曲線に変換する。変換は厳密にはできないが自然スプライン曲線の曲線長を算出し、曲線長をパラメータとする B-Spline 曲線を生成する。これにより自然スプライン曲線に対し変換精度の高い B-Spline 曲線を生成することができる。

このように、手描きのスケッチから B-Spline 曲線を生成することができる。

2.4.5 スケッチから曲線を生成する例

これまでに述べた方法を使用して、自動車のボディの手描きのスケッチから自由曲面を生成する過程を順に述べる。

- (1) 図-2.4-06 は自動車の側面図として描かれたスケッチである。このスケッチはスキャナによりコンピュータに入力され、コンピュータ・モニタに表示される。
- (2) 多角形によりエッジを検出しようとする領域を指定すると、エッジとして検出された点群が算出される。これらを図-2.4-07 に四角いマークで示す。
- (3) デザイナーの意図にそって不要な点を削除する。その結果を図-2.4-08 に示す。
- (4) これらの点群を与点として自然スプライン曲線を生成する。後工程で形状の修正が容易なように、自然スプライン曲線を B-Spline 曲線に変換し、曲率を曲線と共に表示したものを図-2.4-09 に示す。
- (5) このような操作を繰り返すことにより必要な曲線をこの側面図から生成することができる。
- (6) 前面図、上面図に対しても同様な操作を繰り返すことにより、必要な曲線を生成し、これらの曲線を 3 面図として 3 次元空間に配置する。スケッチの 3 面図を配置した状態を図-2.4-10 に示す。
- (7) 3 面図の各面において生成された曲線を各面に対して垂直にスイープすることにより、線織面を生成する。線織面どうしを干渉させ、交線を算出することにより形状の枠組となる曲線を生成する。これらの操作を繰り返すことにより、曲面を生成するために必要な枠組み曲線を 3 次元空間に生成する。生成した枠組み曲線を図-2.4-11 に示す。
- (8) これらの枠組曲線を補間することにより、自由曲面を生成する。生成した自由曲面の陰影表示を図-2.4-12 に示す。

2.4.6 おわりに

本研究で得られた成果を以下にまとめる。

- (1) 原画像を対数画像に変換することにより、暗い領域に描かれている線と明るい領域に描かれている線を、輝度の絶対値を考慮することなく、画素の位置として検出することができる。
- (2) 点群を平滑化する自然スプライン曲線にパラメータを導入し、ベクトル関数に拡張することにより、座標系に依存しない曲線表現とする。これにより細線化されたエッジを与点群としてこれらを平滑化する自然スプライン曲線を生成することができる。
- (3) 生成した自然スプライン曲線の曲線長を算出し、これをパラメータとすることにより、近似度のよい B-Spline 曲線に変換することができる。

これらの成果を活用することにより、デザイナーはスケッチに施されているグラデーションを意識することなく、描かれている線を B-Spline 曲線として抽出することができる。そして既に報告した CAD/CAM システムを使用して、生成した曲線を 3 次元空間に配置し、枠組み曲線とし、これを補間する曲面を生成することができる。さらに生成した曲面に対して工具径路を生成して、NC マシニングセンタで加工することにより、実体模型を製作する。

これによりデザイナーは視覚的、触覚的に形状の良否を検討することができるため、アイデアの発想、展開から煮詰めまでの期間を大幅に短縮することができる。

参考文献:

- [1]文部省: “工業デザイン”, コロナ社,(1980)
- [2]倉賀野哲造,佐々木伸夫,菊池敦: “意匠的に特徴ある自由形状の設計およびその工具径路自動生成システムの開発”, 精密工学会誌,vol.55 No.12 pp.69,(1989)
- [3]Ungar, J.: “Rendering in Mixed Media”, Watson-Guption Publications, (1985)
- [4]桜井 明編著: “スプライン関数入門”, 東京電機大学出版局,(1981)
- [5]Schoenberg, I.J.: “Spline functions and the problem of graduation”, Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A. vol.52 pp.947-950 ,(1964)

[6]Whitaker, E.T.: “On a new method of graduation” ,Proceeding of the Edinburgh Mathematical Society,vol.41 pp.63-75,(1923)



図-2.4-01 原画像

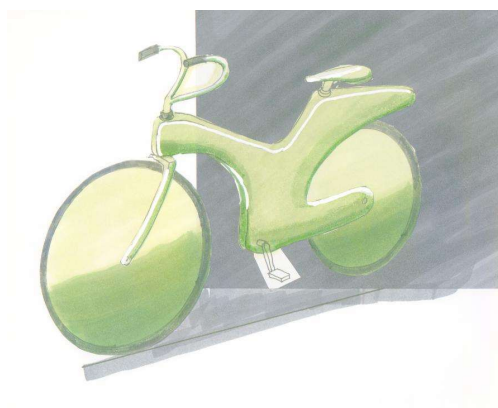


図-2.4-02 対数画像

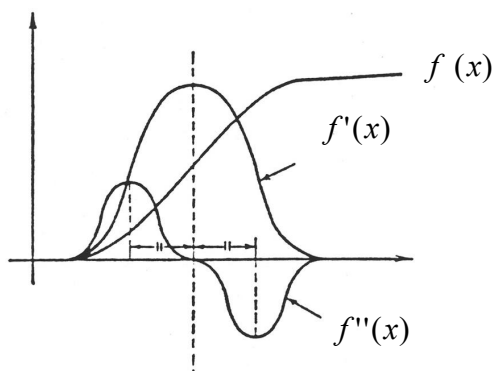


図-2.4-03 エッジの位置検出の原理

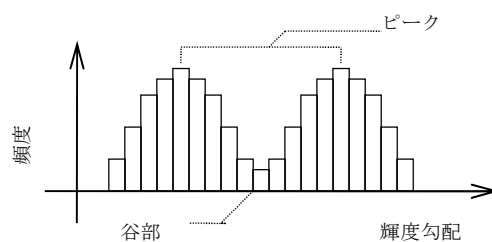


図-2.4-04 しきい値を決定するためのヒストグラム

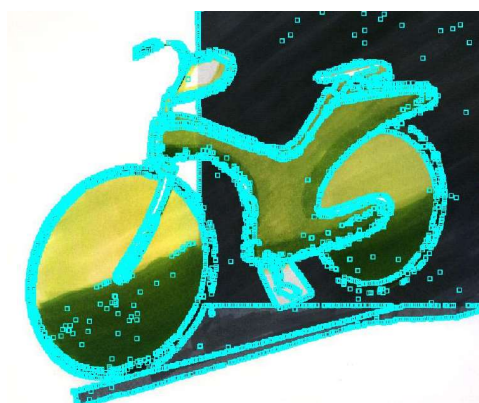


図-2.4-05 しきい値の決定例

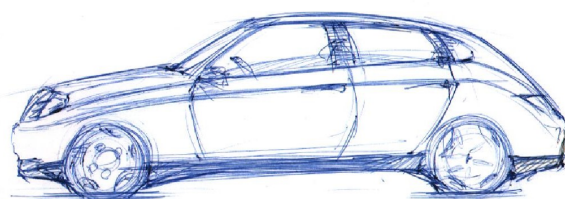


図-2.4-06 手描きのスケッチ

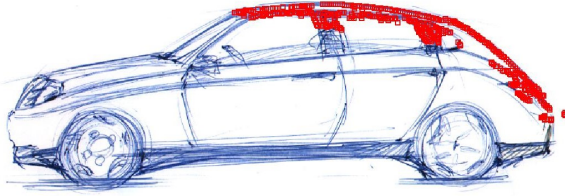


図-2.4-07 エッジとして検出された点群

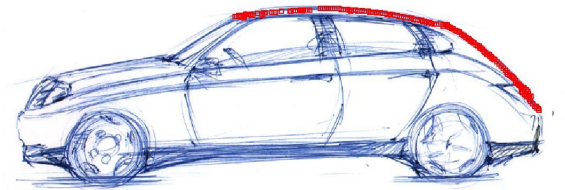


図-2.4-08 不要点の削除

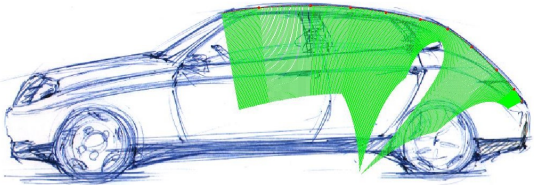


図-2.4-09 自然スプラインから変換された
B-Spline 曲線

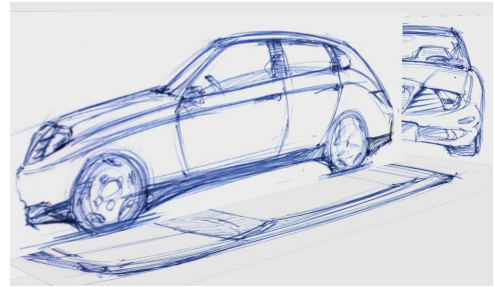


図-2.4-10 スケッチの 3 面図の配置

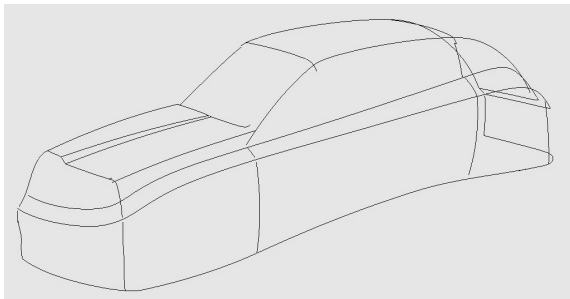


図-2.4-11 生成された枠組み曲線

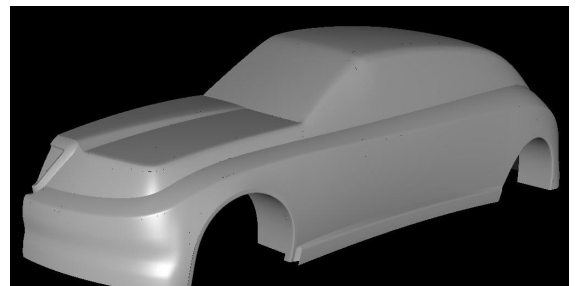


図-2.4-12 生成された曲面の陰影表示

2.5 コンピュータ支援による形状入力に関する動向

本節では、まずコンピュータ支援による形状入力のための課題について明らかにし、つぎに形状入力の研究動向について述べる。

現在の CAD を導入したデザイン工程では、3次元モデルを生成するためには3、4ヶ月という長い期間を必要とする。現在の CAD システムでは、詳細な設計図の作成すなわち製図を行い、形状を決定した後3次元形状を入力する。あるいは、入力が容易な CG システムを用いて概略形状を生成し、それをもとに CAD システムを用いて詳細を決定していくことが行われている。このような状況から、デザイン期間の短縮が求められているが、発想などを行う上流工程の比率を上げ、設計・生産作業の下流工程の時間を短縮することが理想的である。

デザイナーが形状を考えるときには頭の中にはなんとなく3次元形状があり、それを描くことによって整理していく。しかし3次元形状を確認するためにはスケッチだけでなく、正確な面ができていなくてもラフな3次元モデルがあればデザイン評価ができる。ある程度までデザインができれば、モデラーが形をきれいに製作してくれる。たとえば R をぼかした面、なだらかにつなげなどの命令でモデラーが生成してくれる。従ってデザイナーが考えていることをどう定義するか、形をどう伝達するかが課題であり、CAD がそのような課題に対して役立つかどうかを整理しなければいけない。

2.5.1 形状決定におけるスケッチ入力の課題

デザイナーが使用するシステムのインタフェースを構築するためには、以下のような課題がある。

(1) スケッチ入力のためのハードウェア

工業製品などの製品デザインにおいて、CAD/CAM システムの利用が広まっているが、現在の CAD/CAM システムは技術者の発想により作られたインタフェースが提供されるため、ユーザ側から必要とされるデザインソフトウェアとは言い難い。これは、技術者がよいと思った方法でも受け入れられるとは限らないこと、デザイナーが直接使いこなせるような環境をどのように作るか、と

いう点が考慮されていないことが要因である。CAD システムの操作性の向上にはソフトウェアのインタフェースだけでなく、ハードウェアのインタフェースの進化も重要である。デザイナーが道具として自分で使えるものが必要であるが、現状では満足するシステムは少ない。たとえば自由な線が書きたいという要望に対して各種の制限がシステムによって存在する。今までと異なった視点で CAD システムを構築することが望まれる。

(2) 紙と鉛筆に優るインタフェース

デザイナーに合うインタフェースとはなにかを明らかにしていくことが大切である。現場では発想にはいまだ紙と鉛筆を用いている。自由な発想のためには、紙と鉛筆に勝る手段はないのが現状であろう。しかし、絵を描いても発想の一部だけしか表すことはできない。絵をいくら描いても 2 次元情報であるから、全てを表せるわけではない。したがって、ある程度の発想ができ上がると、クレイモデルなどの模型を作ることにより 3 次元の形状確認を行うのである。以上の過程では発想の時点で、紙と鉛筆で足りないところをクレイで補うことにより発想を展開していく。しかし、現在の CAD システムではクレイの代用が可能なシステムはない。人の考えていることをどうコンピュータに移すか、また出力をどう評価するかを考案しなければいけない。また、クレイなどの扱いとスケッチ入力などの違いや特徴も整理することが望まれる。これによって、CAD を用いたときに形の作り方が容易に理解できるようにする方法、発想したものが形に簡単に変換できるような方法を提案できる。

(3) スケッチの自動認識による 3 次元形状生成

デザイナーが望む一番良い入力インタフェースは、紙に描いたスケッチがコンピュータの中に 3 次元形状として自動的に認識し、形状データを生成することである。しかし具体的にはどのような実装ができるのかが課題である。スケッチから自動的に変換されて 3 次元立体ができることが理想的であるが、2 次元は 2 次元の絵でしかないので、それが 3 次元モデルへのつながりがあれば有効となる。紙のスケッチが入力できてそれでいいかという問題がある。スケッチの電子化は行われているが、単純に置き換わるだけでは、画材が変化したにすぎない。スケッチの意図が取り出せるようにならなければいけない。レンダリング画像の取り扱いが楽になるだけではいけない。図面的なものの捉え方、構造的な考え方をまとめる必要がある。キャラクターラインで形を捉えればいいのか、それともレンダリングして評価することがいいのかなどをまとめることが必要である。立体構成のスキルを整理することも大切である。

2.5.2 スケッチによる形状入力に関する研究動向

昨年度の報告書においてスケッチによる形状入力のほかに、三次元空間における形状入力、三面図からの形状入力、実体モデルを用いた形状入力について詳しく述べた。デザイン作業において、多くの機能を持つことが必要とされることから、各種の形状入力はそれぞれ重要である。特に最近は実体モデルの確認後、そのモデルをもう一度修正するために3次元形状を測定して入力することも行われている。本節ではデザイナーの作図作業から3次元形状を得るための方法を提案するために、2次元図形・画像から3次元形状を得るための研究について述べる。このような入力方式の研究は、スケッチ画を対話的に描きながら形状を入力する研究、線図形を与えて3次元形状を復元する研究、デザイナーが描いたスケッチ画をコンピュータに入力して3次元形状を復元したり、画像をもとに3次元形状を復元する手法に大別できる。

(1) 対話的なスケッチ描画と形状入力

- (a) ファジ理論を用いたペンベースの入力システムの提案として C.L.Philip Chen らによるものがある。本システム(Fuzzy Freehand Drawing System:FFDS)は、リアルタイム描画システムであり、入力の位置・速度・加速度といった情報をもとに幾何図形を生成する。本論文では直線・円・円弧・楕円・B-Spline の清書アルゴリズムを扱っている。
- (b) 松田らは、手書きスケッチを用いた形状入力システムを提案した。従来のスケッチ入力を扱った研究は、単線による入力しか受け付けなかったが、本論文では、スケッチが多数の線群から構成されることに着目し、重ね描きによる描画を可能にする柔軟な入力インタフェースを提案している。重ね描き処理による長所は、修正処理も同様のアルゴリズムで扱うことを可能にすることであり、試行錯誤を実現する手段として有効である。重ね描きによる処理は2次元平面上で行う。これを3次元モデルの入力インタフェースとして実装することにより、投影面に投影されている3次元モデルに直接描画し、切断線を描くことなどへ適用可能である。
- (c) 五十嵐らは、2次元平面上に自由曲線を描いていくことにより、3次元形状モデルを対話的に構築する手法を提案している。紙と鉛筆を利用して描くことと変わらないような手間で3次元形状を生成することができる。この手法は動物や植物などの曲面を主体とするオブジェクトの生成を目的としている。2次元の手書き閉曲線を縦方向に膨らませることにより、3次元モ

デルを生成することや手書き自由曲線を用いて切断したり隆起したりする手法を開発している。

- (d) Zenleznik,R.Cは3次元シーンの構築のためにスケッチを利用する方法を提案している。SKETCH システムは3次元幾何のアイデアの伝達と検討を目標にしている。一般に現在のCADシステムは詳細な3次元形状を生成し、いろいろな視点から見ることは適しているが、この研究では、迅速なコンセプト形成やおおよその3次元シーンの編集を目的としている。このために非写実的な表現とプリミティブのラインドロ잉を基にしたジェスチャインタフェースを提案している。
- (e) 鈴木らは、自由曲面を制御するために面上線をコントロールすることにより、曲面形状の変形を行う手法を提案した。これにより自由形状を直接操作することが可能である。しかし変形を行うために適当なパラメータを入力しなければいけない。

参考文献:

- [1] C.L.Philip Chen, Sen Xie: “Freehand drawing system using a fuzzy logic concept” , Computer Aided Design Vol.28 No.3 pp.77-89, (1996)
- [2] K.Matsuda, S.Sugishita, Z.Xu, K.Kondo, H Sato, S.Shimada : “Freehand Sketch System for 3D Geometric Modeling” ,Shape Modeling International '97 pp.55-62, (1997)
- [3] 五十嵐 建夫他:“手書きスケッチによる3次元オブジェクトのモデリング”, 第14回NICOGRAPH/MULTIMEDIA論文コンテスト論文集 pp.43-53,(1998)
- [4] Robert C. Zeleznik, K.P. Herndon, J. F. Hughes: “SKETCH: An Interface for Sketching 3D Scenes” , SIGGRAPH'96 pp.163-170,(1996)
- [5] 鈴木 宏正, 山本 貴史, 金井 崇, 木村 文彦: “面上線による自由曲面形状の操作” , 精密工学会誌 Vol.62 No.1 pp.75-79, (1996)
- [6] Yifan Chen, Klaus Beier, Dimitris Papageorgiou: “Direct highlight line modification on nurbs surfaces” , Computer Aided Geometric Design Vol.14 pp.583-601, (1997)
- [7] Marti E, Regomcos J, Lopez-Krahe J and Villanueva J J : “Hand line drawing interpretation as three dimensional object, Signal Process” , Vol.32 pp.91-110,(1993)
- [8]Eggl, D.L., Bruderlin, B.and Elber, G.: “Sketching as a solid modeling tool” , In Proceedings of the 1995ACM/SIGGRAPH Symposium on Solid

Modeling Foundations and CAD/CAM Applications, Salt Lake City pp.17-19,(May 1995)

[9]Pugh,D.: “ Designing solid objects using interactive sketch interpretation” , In Proceedings of the 1992 Symposium on Interactive 3D Graphics, (1992)

[10] Saga, S and Makino, H : “Fuzzy spline interpolation and its application to on-line freehand curve identification” , Proc. 2nd IEEE Int. Conf. Fuzzy Systems pp.1183-1190,(1993)

[11] LIANG, J. AND GREEN, M. : “A highly interactive 3D modeling system” , Computers & Graphics 18 1994 (July), pp.499-506

[12] Elvis KoYung Jeng, Zhigang Xiang: “Moving Cursor Plane for Interactive Sculpting” ,ACM Transactions Vol.15 No.3 pp.211-222, (1996)

(2) 2次元図形からの3次元形状を復元する手法

- (a) H.Lipson らは手書きスケッチを3次元モデルへ変換する手法を提案した。本手法は、隠れ線を含む3次元形状を単線でフリーハンド入力した図形を線分および頂点接続グラフに変換し、その情報を基に3次元形状変換を行う。提案手法ではさまざまなオブジェクトタイプの不正確なスケッチから3次元形状を再構成することができる。
- (b) Lynn Eggli らは手書き入力による簡易的な3次元形状の入力手法を提案した。稜線として入力可能な要素は直線・円弧・B-Splineであり、それらはモード選択により入力を切替える。また、平行・垂直といった制限もモード選択により行なう。清書された図形に対して制御点の操作を行ない形状変形を行なう。そして、でき上がった2次元図形をスイープすることにより3次元形状を生成する。更に、その3次元形状に対し切り抜きの長方形や円といった特徴を与えることにより、切り抜きが可能となっている。

参考文献:

[1]Lipson H, Shpitalni M : “A new interface of conceptual design based on object reconstruction from a single freehand sketch” , Ann. CIRP Vol.44 No.1 pp.133-136,(1995)

[2]H.Lipson, M.Shpitalni: “Optimization-based reconstruction of a 3D object from a single freehand line drawing” , Computer Aided Design Vol.28 No.8 pp.651-663, (1996)

- [3]Shpitalni M and Lipson H : “Identification of faces in a 2D line drawing projection of a wireframe object” ,IEEE Trans. Pattern Analysis & Machine Intell
- [4]Lynn Egli, Ching-yao Hsu, Beat D.Bruderlin, Gershon Elbert: “Inferring 3D models from freehand sketches and constraints” , Computer Aided Design Vol.29 No.2 pp.101-112, (1997)
- [5]Hwang,T. and Ullman, D.: “ Recognizing features from freehand sketches” ,Computers in Engineering, ASME,1 pp.67-78,(1994)
- [6]Grimsted I J and Martion R R : “Creating solid models from single 2D sketches” , Proc. Third Symp. on Solid Modeling Applications, ACM Siggraph pp.323-337,(1995)
- [7]Lamb D and Bandopadhyay A : “Interpreting a 3D object from a rough 2D line drawing” , Proc. First IEEE Conf. on Visualization 90 pp.59-66,(1990)
- [8]Sugihara K: “ Machine Interpretation of Line Drawings ” ,MIT Press,(1986)
- [9]Wang W and Grinstein G : “A survey of 3D solid reconstruction from 2D projection line drawings” ,Comput. Graph. forum Vol.12 pp.137-158,(1993)
- [10]Kanade T : “Recovery of the three diensional shape of an object from a single view” , Aritificial Intelligence Vol.17 pp.409-460,(1980)
- [11]Marill T : “Emulating the human interpretation of line drawings as three dimensional objects ” , Int. J. Comput Vision Vol.6 No.2 pp.147-161(1991)
- [12]Leclerc Y G and Fisler M A : “An optimization based approach to the interpretation of single line drawings as 3D wire frames” , Int. J. Comput Vision Vol.9 No.2 pp.113-136,(1992)

(3) スケッチ画や写真を利用した形状入力

- (a) 明尾は、デザイナーの描く一枚のアイデアスケッチからの素早い自由曲面モデルの生成と、その自由曲面モデルの修正を行なう手法を提案した。自由度の高い自由曲面形状を扱うために、2次元画を3次元に復元する付加情報としてスケッチ画の断面線に着目している。形状生成には消失点及び断面線を用い空間座標値を求め、ワイヤフレームモデルを作成することができる。

- (b) 金井らは、デザインスケッチから 3 次元形状を NURBS 曲面で補間する方法を提案した。あらかじめ描かれたスケッチをスキャナなどでコンピュータに取り込み、それをもとに、自由曲面を生成する方法を提案している。この論文をもとに、(株)エヌ・ケー・エクサにおいてスケッチを利用した形状入力システムを開発した。
- (c) 倉賀野はデザイナーが描くスケッチをコンピュータに取り込み、画像処理によって特長となる線分をスプラインで補間し、それを B-Spline に変換する方法を提案している。この線分を利用して曲面を生成することができる。このとき用いるスケッチは、フリーハンドによって描いたものであるが、三面図を用いて 3 次元復元を行っている。

参考文献:

- [1]明尾 誠: “スケッチ図からの三次元形状の生成”, 設計工学 Vol.29 No.7 pp.17-21, (1994)
- [2]金井 理, 遠藤 明彦, 堀田 邦彦, 青木 潔: “デザインスケッチからのリアルタイム NURBS 曲線生成の研究”, 精密工学会春季大会学術講演会講演論文集,(1997)
- [3]T.Kuragano: “Methods to Generate Freeform Surfaces from Idea-sketch and Three Dimensional Data” ,Sixth IFIP WG5.2 International Workshop on Geometric Modeling:Fundamentals and Applications(GEO-6) pp.286-295,(1998)
- [4]趙 修偉, 大沼 一彦: “物体の鏡面对称性を利用して 2 次元画像から 3 次元情報を復元する方法” ,デザイン学研究 vol.78 pp.23-28,(1998)
- [5]H.Sakurai , D.C. Gossard: “Solid Model Input through Orthographics Views “ ,Proc. of SIGGRAPH '83 vol.17 No.3 pp.243,(1983)

(4) イメージベースの形状入力・生成手法

- (a) Paul E. Debevec らは複数の画像に写しこまれている 3 次元形状の生成と表示に関する手法を提案した。写真から幾何学的な情報を得る手法、プリミティブから実際のシーンを構築する手法が紹介されている。これらによって構築された例は建築関係であり、比較的単純な 3 次元形状が多数用いられている。

- (b) 安生らは一枚の画像からアニメーションを製作する手法を提案している。画像に写っている対象物から消失点を求めるためのメッシュを作成し、それをもとに画像中のさまざまな対象物の奥行きをユーザが指定する。これによって画像中のいろいろな対象物が 3 次元空間に配置されたことになる。このデータをもとに視点を変更すると、3 次元空間を移動しているような映像が製作できる。奥行きはユーザが指定する方法であり、正確性を必要とはしていない。
- (c) 小沢らは一枚の画像に映り込んでいる平行線を利用して、消失点を得る手法を提案した。これによって視点位置を求めることができる。それらの情報から、画像中の立体形状の 3 次元データを復元できる。このとき画像中の対象物の任意部分の長さが分かっているならば、実際の形状と同じ形状データを得ることが可能である。この論文では画像中の対象物の実際の大きさを求めることにより、実際の対象物の大きさに合わせたテクスチャマッピングを行う手法を提案している。

参考文献:

- [1]Paul E. Debevec: “ Modeling and Rendering Architecture from Photographs:A hybrid geometry-and image-based approach” ,SIGGRAPH'96 pp.11-20,(1996)
- [2]Y.Horry,Ken-ichi Anjyo: “Tour into the Picture:using a Spidery Mesh Interface to Make Animation from a Single Image” ,SIGGRAPH'97 pp.225-232,(1997)
- [3]S.Ozawa,M.Miyama,K.Kondo: “ Estimation of Viewpoint and Light Source for a Montage Perspective of Electronic catalogue” ,Proceedings of the 8th ICECGDG Cnference Vol.1 pp.49-53,(1998)
- [4] 小沢,宮間,近藤: “電子カタログのための写真撮影条件の推定と画像合成への応用” ,第 13 回 NICOGRAPH/MULTIMEDIA 論文コンテスト論文集 pp.111-120,(1997)

第3章 形状決定におけるスケッチの役割

3.1 デザインプロセスにおけるスケッチの役割

3.1.1 デザインプロセスとスケッチ

デザインプロセスにおけるスケッチの役割は、さまざまな視点でとらえることができる。これは、工業デザインの対象範囲が広いことや業種によりスケッチの利用方法が異なる等その理由はさまざまである。

このスケッチは、商品開発の過程においてデザインセクションに委ねられたものであり、他の商品企画や設計では生成されない情報である。それゆえ、スケッチを描くことは、デザインにおいては大きな業務対象となっているとも言える。

一方、スケッチは、単に対象となる製品のスタイルだけを描いていると思われがちだがそれだけではない。機能や性能、使い勝手や便利さなどさまざまなことが検討されている。したがってデザインプロセスにおけるスケッチの役割は一概に述べるのが難しいことも事実である。そこで、ここでは、下記の2つに絞って検討することにした。なお、各業種やメーカーによるスケッチに対する考え方の違いについては3.2以降を参照されたし。

(1) 発散と収斂

スケッチには、デザインプロセスの順序という視点から、その役割として大きく2つに分類できる。その2つとは、アイデアの「発散」の役割としてのスケッチか、「収斂」のためのスケッチか、である。すなわち、デザイナーが描いているスケッチがさまざまなアイデアを多岐にわたって検討するために描かれているものなのか、それとも展開してきたアイデアをまとめるために描かれているかという違いである。

この2つのスケッチにどのような違いが存在するかというと、前者は比較的自己の思考を具現化するためにスケッチを描くのに対して、後者はスケッチによって機能的整合性や機構・大きさなどを検証するために描いている。これらは一連のプロセスとして連続している場合も多いが、前者と後者では、形状の決定に関しては、まったく異なる立場をとる。前者の行為は、おおよその形状

が決定できれば良く、後者の行為は詳細に検討することが要求される。この 2 つのうちどちらの行為を支援するかに、その方法は全く異なったものとなるはずである。

(2) 機能と形態

この 2 つがデザインにおいてどのような役割を果たしているかは、難しい問題であるのでここでは議論の対象としないが、描いているスケッチが「機能」を解決することに比重がおかれているか、「形態」に比重が置かれているか、あるいはどちらが主体であるかは、比較的簡単に検討することができるのではないだろうか。

例えば、まったく新しい性能や機構を採用する製品をデザインする場合には、それらをどのように使いやすいものとして仕上げていくかが主体となるスケッチが描かれ、「機能」に比重が置かれ、思考展開の対象も機能のデザインが主体となる。逆に、他との差別化や個性化をその形態で演出する、あるいはしなやかさや軽快感などを新しい面や R で表現したい場合は、「形態」に比重が置かれたスケッチとなる。

以上のように、「機能」と「形態」に分類して考えた場合でも、どちらのスケッチの行為を支援するかによりその方法が全く異なっていることは自明であるといえる。もちろん両方をバランス良く処理する場合や連続的に思考展開がなされる場合もあり、これができなければデザインではないという意見もあるかも知れない。しかしここでは、どちらに比重が置かれているかであえてスケッチの役割の違いを上記のように分けることにした。

このように、デザインプロセスにおけるスケッチは、どのような視点により検討するかや、スケッチの行為が何を対象としているかによって異なるものであり、その役割を特定することが難しい。しかしながら、対象や範囲を限定することで、どのような行為が存在するかを抽出することは可能である。

3.1.2 スケッチと形状入力

では、デザインにおけるスケッチの役割を検討する際に、現在のデザインを取り巻く環境においてどのような支援が今後必要であるかを考えてみることにする。ここでは、上記の 2 つの役割分担に依存して検討した結果、以下のようにスケッチの役割をとらえることにした。

まず第一の「発散」と「収斂」では、前者の「発散」過程を取り上げた。この理由としては、後者の「収斂」の過程は、現状の CAD システム入力方法を

改善することで比較的対応が可能であると考えられるためである。後者はアイデア展開にスピードよりも正確さが要求されるため、CAD システム上での検討が望ましいといえる。

次に、「機能」と「形態」については、「形態」の立場に比重を置くべきではないだろうか。「機能」のないようなデザインセクションだけでは解決できない問題が多い場合には、そのスケッチ行為の対象が設計制約や設計条件として提示されれば、それをもとに形態の検討に移行することも可能であると考えられる。

このように、スケッチの役割を限定すると、その方法もわかりやすくなる。当然のことながらすべてのスケッチが担う役割には至らないが、今後のデザインの支援という立場からすれば、「思考の発展過程における形態の検討」すなわち、さまざまな形状を即座に入力できることを、スケッチの役割とし、その方法について検討すればよいのではないだろうか。

スケッチの担う役割が広範である以上、システムをいくつかのサブシステムに分け、さらに既存のシステムで補える部分についてはそれらを利用し、よりデザイナーが求めるスケッチの役割に限定したシステムを構築することが必要であると考えられる。

3.2 (株)GK テックにおける例

3.2.1 スケッチはアイデアを書きながら考え共有する手軽な手段

ラフスケッチの段階で直接三次元データに落としていく手法のプロトタイプを開発するという方向性に基づき、現在デザインの現場（特に日常の生活機器のプロダクトデザインを行っている分野）での事例をあげ考察を加えることにする。一応の用語の定義として、我々はクライアントへのプレゼンテーション以前のアイデアを固めていくまでの段階に用いられるスケッチを総称して「ラフスケッチ」と呼んでいる。「アイデアスケッチ」は機器の細部の機構や使用法、使用環境等を表現する（人を入れたり、矢印で動きを示したり）ものを呼ぶ場合が多い。

スケッチはアイデアを書きながら考える対話的な表現手段であると同時に、紙の上にアイデアを外化することによって作業チームのコミュニケーションを有効化するメディアでもある。限られた時間のなかで豊富なアイデアを生み出す技術は経験的に体得して行くものであり一般化は難しいが、事例を基にアイデアを広げていく発散的なスケッチの段階から、簡易なマーカーレンダリングによる収束までのプロセスを示す。(図-3.2-01～07)

(1) ポンチ絵

サムネイルスケッチ（小さいメモ用紙に書くスケッチ 図-3.2-01）及び A4～A3 までの紙（ミスコピーの裏、プロジェクトペーパー、PM パッド等なんでも）に書くあまり書きこみをしていないスケッチをさす俗称である。

この段階でも線画にとどまらず、線を書くミリペン・サインペン等の線の集合で面や影を表現したり、色鉛筆・マーカー等で色や影をつけることも多い。

(2) ラフスケッチ

ポンチ絵よりも進んだ段階で形をより正確に書きこんだものを呼ぶ。ミリペン・サインペンで形をとり、マーカー・色鉛筆等で陰影や色彩を表現する。微妙な色や柔らかい曲面を表現するためにパステルを使うデザイナーもいる。ホワイトでハイライトを入れる。ボールペンで書き、マーカーのインクで延ばしてグラデーションを表現する手法もある。

(1)はアイデアの発散的プロセス、(2)は収束的プロセスとも思えるが(1、2)は同時に進行するケースや、後戻りするケースがあるので一概には言えない。

いずれもスピードを重視し、デザイナーが互いに意図を通じ合える精度に簡潔にとどめる。(鉛筆に消しゴムは使わない。ホワイトをまれに使って線を整理するケースがある。)

紙の大きさはハンドリングのしやすい範囲の A3 程度まで。大きなプロダクトの場合はスケール確認のため CAD で実寸にしたり、プロジェクターで投影したりするケースもある。

3.2.2 周辺情報も含め多くのアイデアを一覧し丸ごとパックにできるスケッチ

スケッチは事例に見られるとおりに外形のみに留まらず対象とするプロダクトに関連する与件や寸法、操作方法アイデア、周りの環境(人間を含む)、参考となる既存の形等の周辺情報も書きこまれる。、内臓部品、機構も合わせて書かれるケースもある。スケッチは一枚に多数が任意のレイアウトで(重なるものもある)パースも様々で書かれる。同じ系列のアイデア展開が複数枚にわたるケースもあり、それぞれがハイパーリンクのデータ構造にもなぞらえられる。書きこみのレベルも多様で同一の紙にポンチ絵からラフなレンダリングまで書かれるケースも多い。その意味で個別のアイデアの成長はコンカレントに平行して進んでいく感覚である。

コンピュータ支援の入力システムと関連して特記すべきことは、スケッチは外形線に留まらず、直接に面を線の集合で表現する手段を持っていることである。曲面は特に陰影付けでの表現が多用されホワイトのハイライトも有効に機能する。

日常の生活機器の場合は、パースはスリークウォータ(3/4)が多い。もっとも手馴れた手法であることもあるが、立体構成を最も表現しやすい視点であることが主たる理由である。説明的に側面や正面が描かれることもある。(例示したラフスケッチは、GKデザイングループの中でプロダクトデザインを主力業務とする(株)GKプランニング&デザインのデザイナー諸氏に御協力頂いたものである。作業プロセスの中で書かれたもので公表しても問題のないものという条件の範囲で選定した。)

3.2.3 手書きの持つメリットを損なわないコンピュータ支援

上記のスケッチの特性を踏まえスケッチ入力システムの課題を述べる。

紙を使ったスケッチの置き換えという意味では、現状のプロセスを置きかえ

るほどの有効性をデザイナーには訴求できない。ポンチ絵レベルに関してはスピードが身上、かつ場所を問わずに書ける手軽さを重視する意味でコンピュータが介在することは基本的に難しい。当面は形が整いつつあるラフスケッチレベルから利用することが現実的であろう。ただポンチ絵でも使い方によっては有効になる可能性をもっているツールがある。IBM の CrossPad [5]である。通常の紙を Pad に乗せて書くと筆跡が記録され、文字認識でキーワードもつけられる。PC にデータを転送してキーワード検索、文字列・スケッチ単位での移動・編集も可能である。これは Pad というハードが手軽さを削ぐが、在来の紙とボールペンという書きごこちでスケッチを描けるところが面白い。また先にも述べたようにスケッチのシートは各種の性質の異なるデータが混在している。発想のプロセスの中できわめて自然なメモ・落書き行為を許すワークシートが望ましい。CrossPad はスケッチ入力在今后持つべき機能の一端を指し示している。

清書以前の課題として有効と考えられる機能は下書きのトレーシングである。当社で以前ペイントシステムを開発した際にインプリメントした機能だが下書きの上にトレーシングペーパーを重ねてスケッチを繰り返し起こしていく手法で基本形状が同じでディテールのバリエーションを書いたり、形状を整えていくのに大きな効果があった。多層の画像レイヤを持たせ半透明機能をシミュレートすれば簡易に実現できる。

手書きスケッチの持つ曖昧さをもつ線の集合（あるいはぶれた線）は情報が不正確であるということでは曖昧さを積極的に表現している。ぶれた線や重なった多数の線は全体の曖昧さの尺度を暗黙のうちに示しているのである。ポンチ絵を定規で引いて書いてもほとんど意図は伝わらない。曖昧さのニュアンスのなかで絵から適切な情報を読み取れるのである。その意味でコンピュータが認識した幾何学的な線分をあえてぶれた線として表現する手法が必要であると考えられる。フラクタルを利用した手書き風の線描手法[1,3,6] (図-3.2-08) のような機能が望ましい。また同時にシェーディングも従来のフラットな面塗り手法ではなく手書き風のもの (NonPhotoRealistic Rendering [2,3] 図-3.2-09) が同様に望ましい。もちろん三次元化された線分が曖昧さをも含むデータ構造を持ちうるならばより描画者の意図を反映した表現やモデルの操作が可能になるであろうがそれは別次元の課題としておこう。

逐次清書はその曖昧な線表現の実現を背景にデザイナーの心理的な面での違和感をかなり解消するであろう。ユーザインタフェースの観点からプライオリティの高い要求仕様が曖昧な線表現であると考えられる。

3.2.4 入力インタフェースとしてのスケッチ手法の展開

インタフェースとしてのスケッチ入力の特徴を活かすとすれば上記の点に加え、いかに自然なペンの動きで入力を実行できるかが課題である。不自然なメニューのピック等で思考の流れを妨げることは極力避けるべきである。

ペンを持ち替えることなく、自然なストロークで各種の入力モードの切り替えをユーザに意識させずに行えることが望ましい。2D のペイントシステムではジェスチャの認識によるモード切り替えが研究・実用化された。スケッチ入力ではそれを踏まえて適切なジェスチャーとしてのストロークと描画ストロークの対応付けを発見していく必要がある。[1]

大型の LCD ディスプレイ付 Tablet での使用感評価も必須である。マウスや小型のディスプレイ等の不十分な環境ではスケッチ入力の本質的な評価に至り得ないと考える。(マウスと通常のディスプレイの環境も合わせて普及環境として必要と思われるが、その場合はできれば Java コードによるインターネット配布等の手法が望まれる。[6]

関連文献:

[1]R. C. Zeleznik, K. Herndon, and J. F. Hughes : “SKETCH An interface for sketching 3D scenes” ,Proceedings of SIGGRAPH '96

<http://www.cs.brown.edu/research/graphics/research/sketch/java-sketch/>

[2]M.P.Salisbury, M.T.Wong, J.F.Huges and D.H.Salesin: “ Orientable Textures for Imagin-Based Pen-and-Ink Illustration ” ,Proceedings of SIGGRAPH '97

<http://www.cs.washington.edu/research/graphics/projects/orient/>

[3]L.Markosian, M.A.Kowalski, S.J.Trychin, L.D.Bourdev, D.Goldstein and J.F.Huges: “ Real-Time Nonphotorealistic Rendering ” ,Proceedings of SIGGRAPH '97 (図-3.2-09)

<http://www.cs.brown.edu/research/graphics/research/npr/home.html>

[4]Adam Doppelt : “Java Sketch”

<http://www.cs.brown.edu/research/graphics/research/sketch/java-sketch/>

[5]IBM, A. T. Cross Company : “CrossPad 1998”

<http://www.cross-pcg.com/>

[6] INSIGHT Development : “Squiggle 3.0” (図-3.2-08)

<http://www.insightdev.com/productinfo.html>

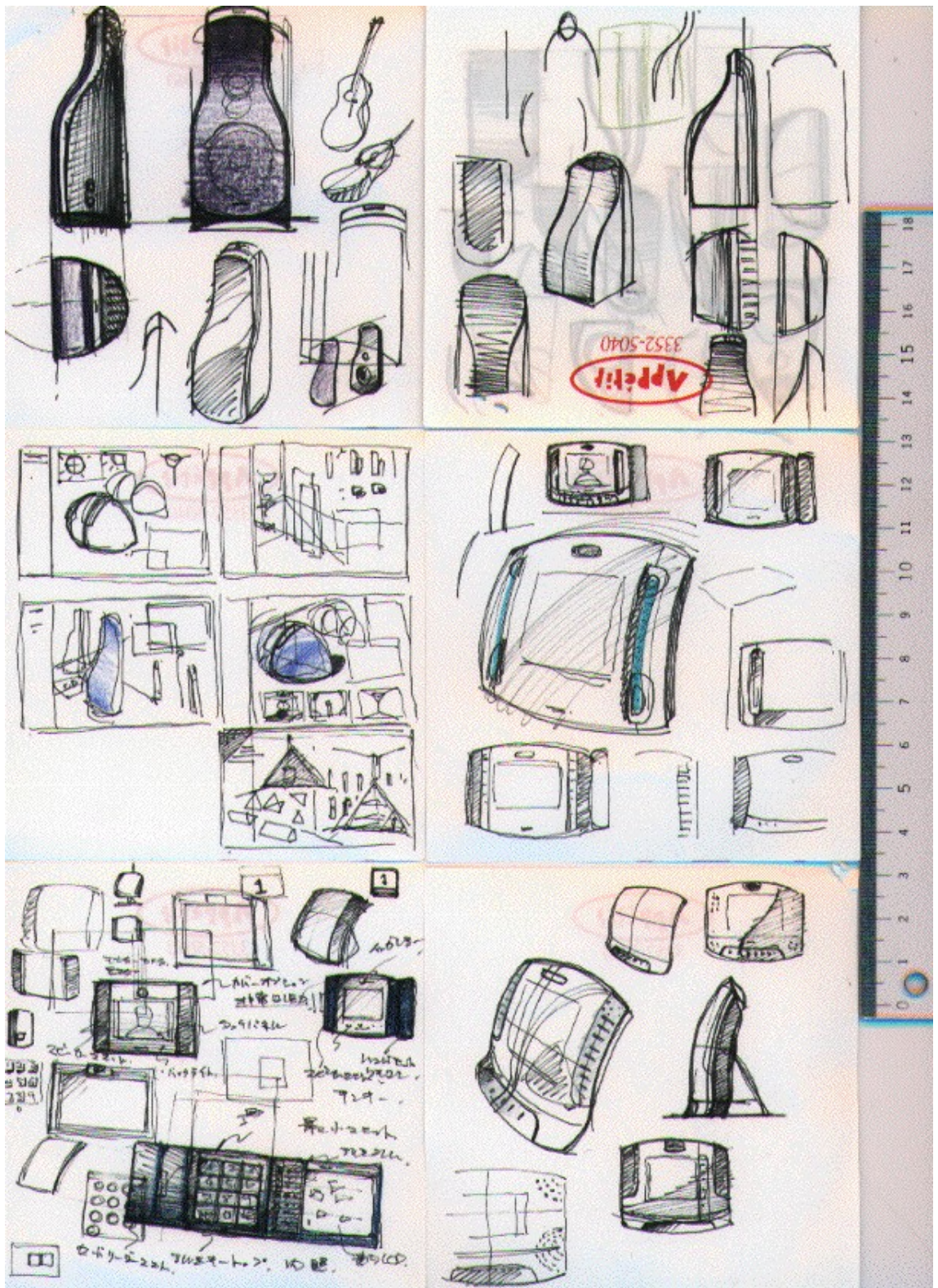


図-3.2-01 サムネイルスケッチの例

10cm×10cm のメモ用紙にミリペン・色鉛筆・マーカ使用

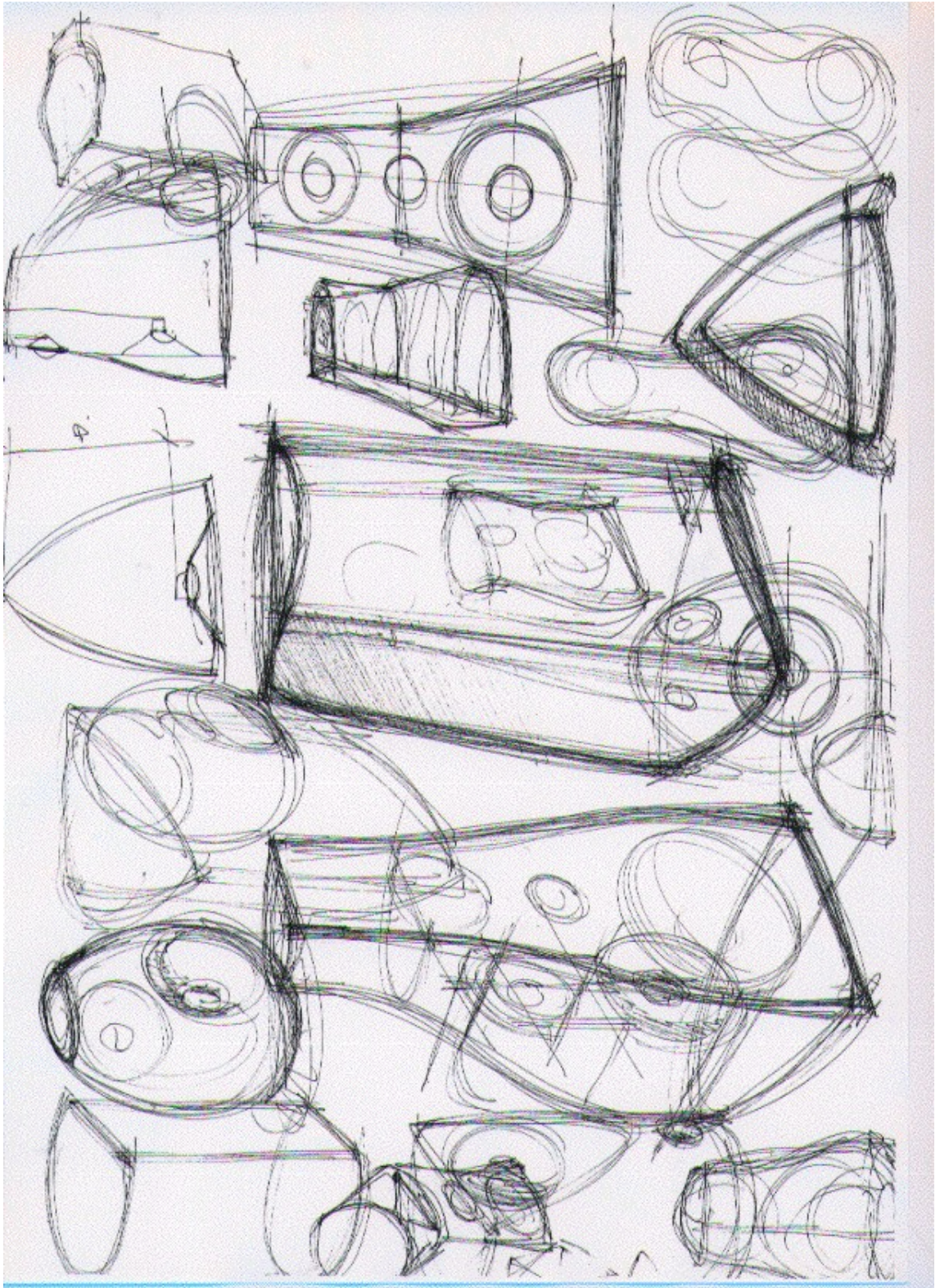


図-3.2-02 ラフスケッチ（ポンチ絵）の例 -曲面主体-
A3 サイズ PM パッドにミリペン使用

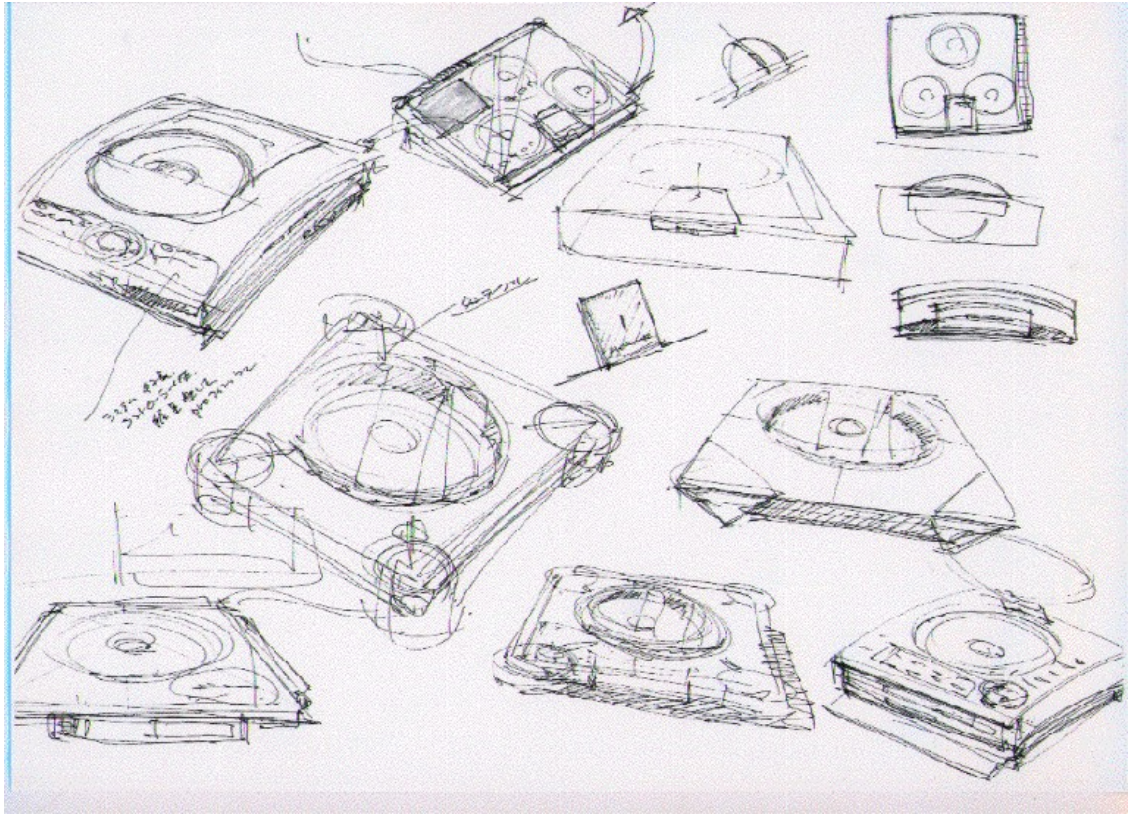


図-3.2-03 ラフスケッチ (ポンチ絵) の例 -箱- A3PM パッド+ミリペン

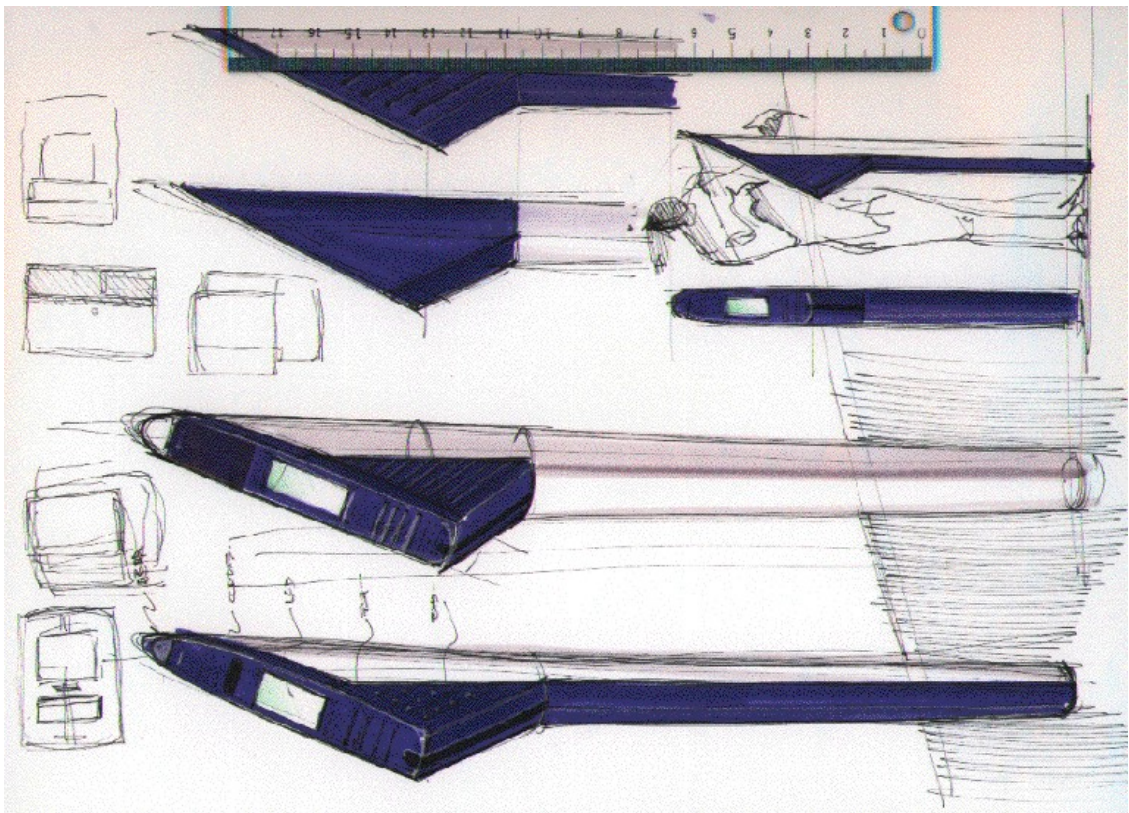


図-3.2-04 ラフスケッチの例 マーカ部分彩色 A4PM パッド+ミリペン

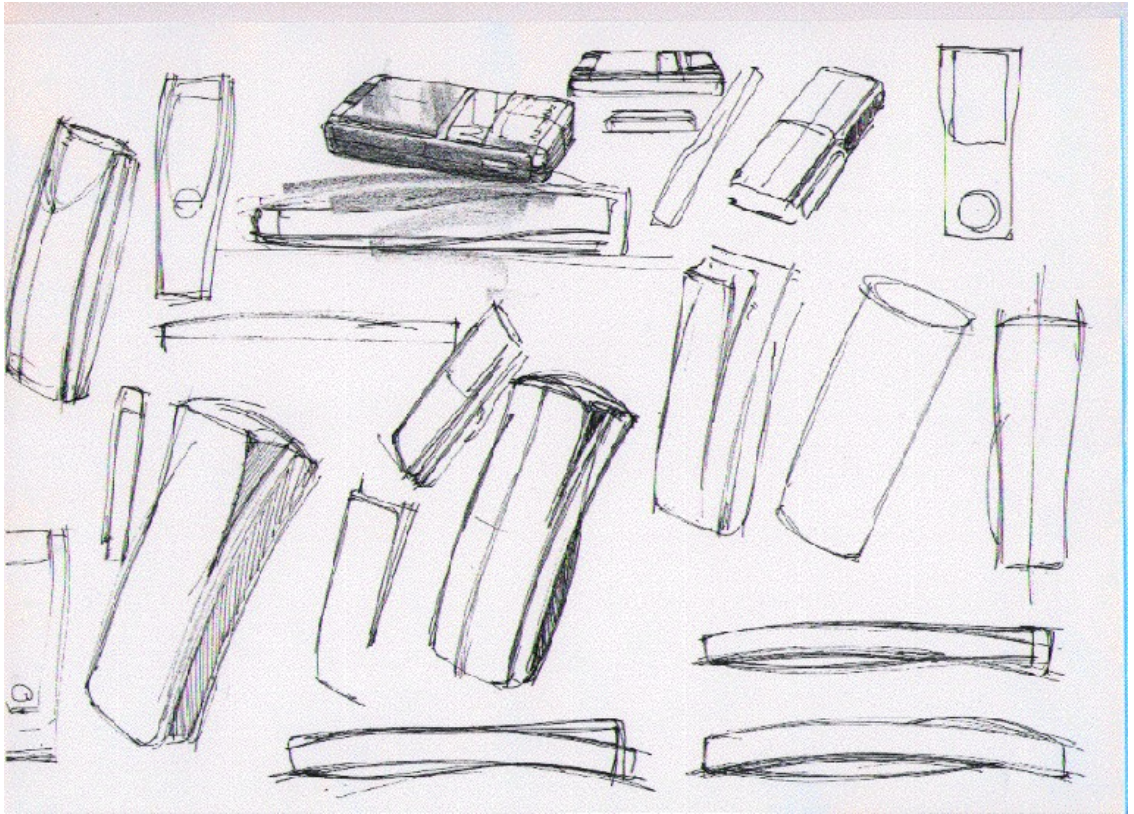


図-3.2-05 ラフスケッチの展開プロセス (1) A3 ミリペン+パステル

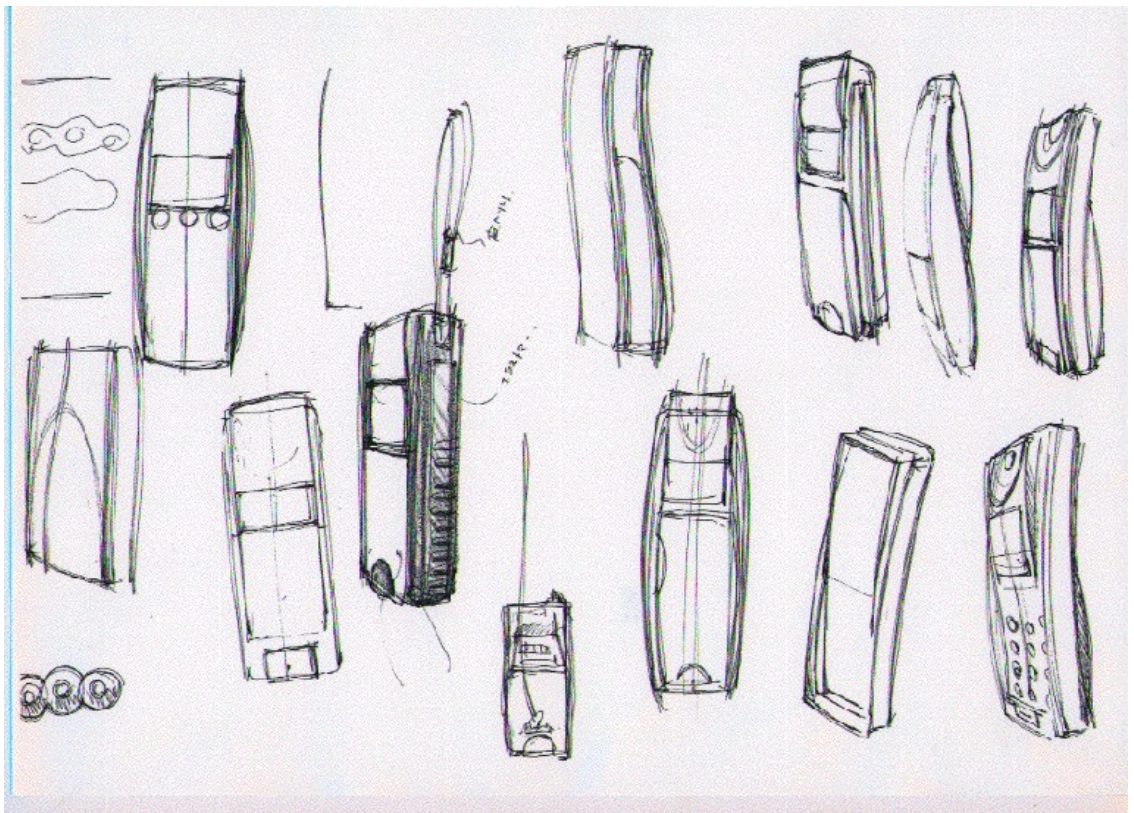


図-3.2-06 ラフスケッチの展開プロセス (2) A3 ミリペン+パステル

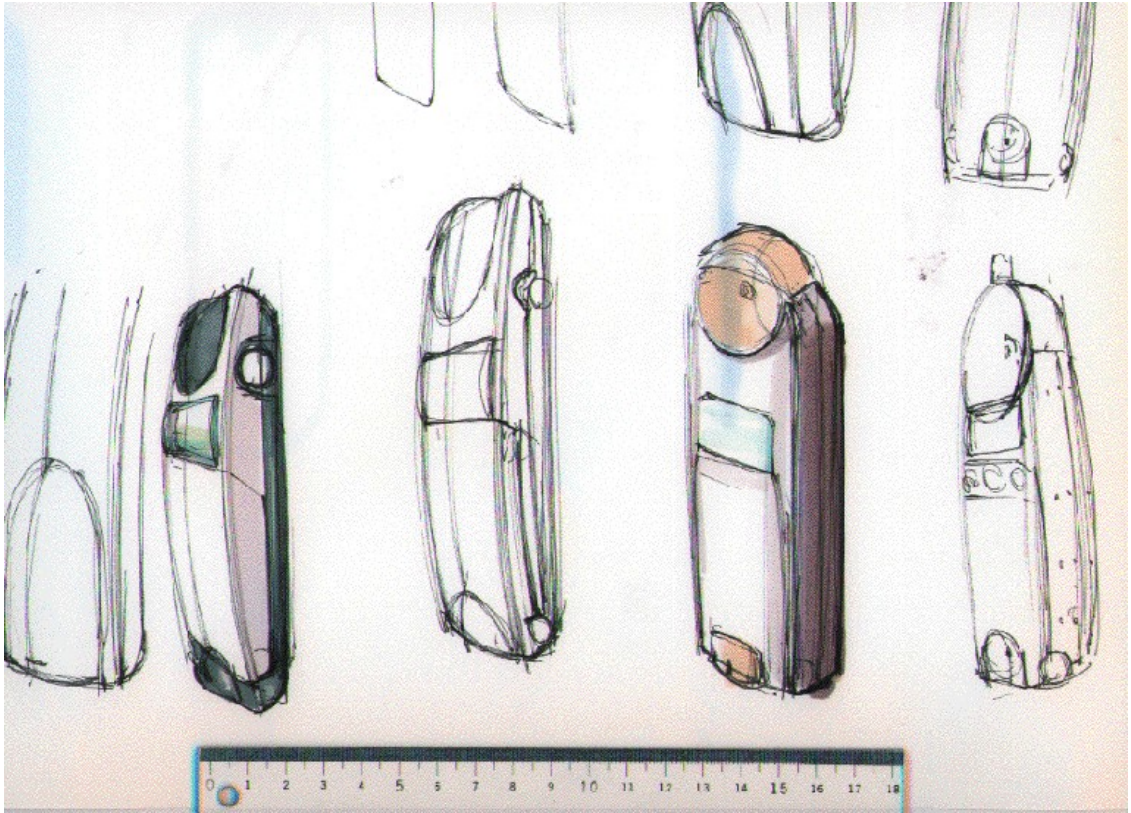


図-3.2-07 ラフスケッチの展開プロセス (3) A3部分 ミリペン+マーカ



図-3.2-08 Squiggle3.0 の例

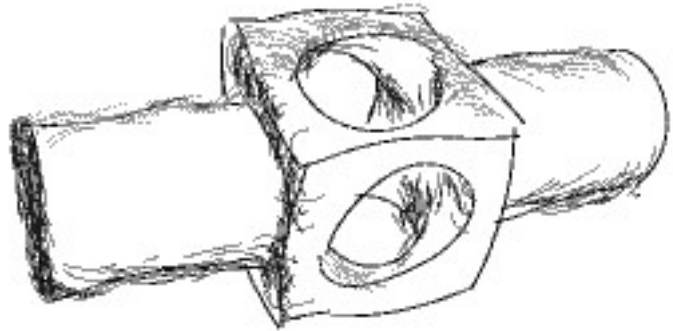


図-3.2-09 手書き風レンダリングの例

3.3 日産自動車(株)における例

3.3.1 自動車のデザインプロセスにおけるスケッチの位置づけ

自動車デザインにおけるスケッチの活用について、エクステリアデザインを事例に解説する。

自動車のデザイン開発は基本的に「スケッチ→スケールモデル→フルサイズモデル」のプロセスで進められる。その中でスケッチはプロセスの最上流にあり、デザインの発想行為の大部分を担う重要な手段である。特にモデルの製作に多大な費用/工数のかかる自動車デザインにおいては、モノになってからあれこれ試行錯誤する余裕は無く、スケッチのうちに極力アイデアの幅を広げ、可能性を限りなくしておくことが、以後のデザインをスムーズに進めるための条件となる。

そのため、スケッチに求められる役割は大きく二つに分けることができる。一つは発想そのものを支援することである。

これは限られた時間にアイデアをできるだけ幅広く多面的に検討するために、素早くアイデアを視覚化し、自由に試行錯誤することである。

二つ目は発想したアイデアを誤解なく確認し伝達するために、リアルにアイデアを視覚化することである。

ただしここで言うリアルとは、必ずしも図学的な正確さを意味する訳では無く、デザインの狙いやイメージを、誤解無く伝達できる精度さえあれば基本的には問題無い。もちろん、正確に表現できるにこしたことはないが、自動車の場合、その形態は極めて複雑な曲面/曲線の集合体で成り立っているため、それを図学的な正確さで表示することは事実上困難である。また見る側にしても、スケッチだけで立体を正確に把握することは不可能である。

そのためスケッチの役割は、他の業種に比べるとアイデアやイメージを伝達することに主眼が置かれることになり、省略や誇張が多用されるのが普通である。

以上の理由で、スケッチの段階で完璧に立体の細部まで決めきることはほとんど無く、3次元のモデルになってから決まる部分の比重が大きい。逆に言えば、アイデアやイメージさえ明確に表現されていれば、モデルへ移行する判断は十分に下すことができる。

しかし、このことは、スケッチの弱点でもある。つまり、先に述べた、省略や誇張といった約束事を理解できる専門家が判断を下す場合は良いが、幅広く

第三者を含めて同じレベルで判断をしようとする場合は誤解を生ずることがある。最近、デザインに3次元CGが使われつつあるのは、この問題を解決するためでもある。

3.3.2 自動車デザインにおけるスケッチ手順

デザイン作業において、具体的なスケッチの活用の仕方や描き方は、デザインの進展に対応して変化する。その理由はデザイナーの関心事（全体的なイメージなのか、ディテールなのか、アイデアを発散させるのか、まとめるのか等）が変化するからである。

(1) スケッチ初期段階

発想の初期では、まだ全体的なイメージを模索する段階であり、できるだけアイデアを発散させる必要がある。

具体的にはイメージスケッチやエスキス（下絵）の類に相当する。

この場合の形状構築の手順は、自由曲面が多用された自動車であっても、断面線から構築し始めることはほとんど無く、まず全体形状を大きく捉えられる最外形線から描き始めるのが普通である。

その理由は、自動車の場合、デザインのこの段階ではシルエットやプロポーションが主な関心事になるため、単なる断面線の集合ではイメージを捉えきれないからである。具体的にはサイドビューのシルエット（車体中心断面、最外形線）を中心に、代表的なプランカーブや主要なキャラクターライン（フェンダー稜線/ウエストライン、ホイールオープニング、ラフなウインドウグラフィックス等）を描いていくことになる。

その他の部分（キャラクターとキャラクターの間を結ぶ断面等）はまだ真剣に考えないのが普通である。さらに、クォータービューはクォータービュー、サイドビューはサイドビューと、各ビューでのアイデアを思い付くままにスケッチしていくことが多いため、ビュー相互の関係は必ずしも正確なものではない。

また、デザイナーの関心事（アイデアの中心テーマ）が仮にボディ断面であったとすると、まずそこを優先的に決めることになる。その場合、キャラクターラインは本来その結果決まるものとなるかもしれないが、それでは絵が描けないので、キャラクターは独立して決めてしまうのが普通である。（当然これらは3次元で作って見なければ成り立つかどうか分からない）

この段階では、形を決める情報はまだ大部分デザイナーの頭の中に漠然とあるだけである。そのため先にも述べたように、全体イメージが良く分かる最外形線から始めて、大きく塊を捉えながら形を決めていくことが一般的な手法である。(図-3.3-01)

(2) スケッチ中期段階

中期はアイデアの基本的な方向性が決まった後、これを具体的なデザインにまとめていく段階となる。具体的にはアイデアスケッチに相当し、アイデアのバリエーション出しを行いながら、細部のデザインを詰めていく。

基本的なシルエットは決まっているため、各ビューでのキャラクターの見せ方や、それらを結ぶ断面等に注意を払う。

ウインドウグラフィックス、ランプやバンパー、ドアパーティングといった、必要不可欠な要素についても、ある程度具体的に決めていく必要がある。

ラフスケッチよりは相互の関係（各ビューでの関係）を考えて描くが、あくまでアイデアの表現が目的であり、イメージスケッチと同様、見せたいデザインを見せたいビューで表現するのが基本となる。

この段階になると、形を決める情報はイメージスケッチの場合に比べると増えてくるが（キャラクターラインが各ビューで決まり、主要な断面線もほぼ決まる等）まだ一義的に形を決められる程、細部が詰まっている訳ではない。(図-3.3-02)

(3) スケッチ後期段階

後期は絞り込んだアイデアを成長/洗練させ、最終的なデザインを表示する段階となる。

具体的にはレンダリングに相当し、アイデアスケッチで決めた各ラインを吟味し、整えることと並行して、ディテールの描き込みを行うことになる。

この段階では各ビューでのキャラクターラインの整合が取れていることが望ましく、3面図に落とし込んでもあまり矛盾が出ない程度には形を決める必要がある。しかし、ここでのスケッチの目的はあくまでデザインをリアルに表現し伝達することであるため、手描きスケッチに代わって3次元CGが使われつつあることは、先に述べた通りである。(図-3.3-03、04)

3.3.3 スケッチ支援システムの可能性と要望

以上見てきたことは、あくまで一つの例に過ぎず、スケッチで形を構築することはクレイや CAD で構築する場合とは異なり、その手順が物理的に決まってしまう訳ではない。

その理由はデザイナーがスケッチを描くことの本質はアイデアの試行錯誤（発想と検証）であり、既に存在しているものを単に書き写す行為ではないからである。（決まったデザインを清書する場合でさえも）

従って、スケッチにおける形の構築手順とは、実はデザイナーの発想手順を反映したものに他ならず、どのような順序で構築するかは、全くの描き手の自由である。そのため、単純に一般的な手順を規定することはできず、逆に規定してしまったら発想行為を阻害することにもなりかねない。極論すれば、形を完全に構築しその結果をきれいに表示することは、あくまで発想行為に付随する作業である。良く言われる「単なるイラストレーションに墮してはならない」とはこの意味である。

モデリングを支援するシステムとして各種の CAD がある様に、スケッチを支援するシステムを考える時、この観点を除外するべきではなく、アイデアの試行錯誤、つまり発想作業を支援する（少なくとも妨げない）システムであることが理想である。

しかし、発想作業は極めて振幅の大きな作業であり、なかなか直線的には収束しないのが普通である。また個々の要素を決めることと全体を決めることが、相互に関係しあうため、個々の要素だけ収束させても意味がない。

つまり、全体を描く→細部を決める→全体を描き直す、というサイクルを繰り返すことになる。その際重要なことは、いつでも全体としての履歴を参照できることである。具体的な作業としては、前に描いたスケッチを下絵として、それを何枚も重ねながら徐々に形を整えていくことを行なう。この作業が効率良く行なえると、イメージを具体化する能率が上がることは確実である。

もし、これらのことを手描きのスケッチよりも効率よく行なうことができれば、スケッチ支援システムとしての可能性があると言えるかもしれない。

一方、発想行為そのものではなく、単に描画自体を支援することも考えられる。これは単純に清書を行なうことを意味し、手書きでは綺麗な円弧や直線が描けない、パスが正確にとれない等の理由で何度もやり直すことを回避するためのものである。

ただしこの場合、清書の意味合いを良く考える必要がある。確かに単なる清書でも、アイデアをデザインとして確認するのに役立つものであるが、ただ何

でも綺麗にするとか、整理することにしかシステムが対応しないのならば、これは使い難いだけである。

つまり、意図した線が必ずしも綺麗な線とは限らず、あえて乱れた線（極端な例だが）にしたい場合も有り得る訳で、その場合はシステムにデザイナーの意図を汲み取らせる必要が出てくる。

さらに別の意味で清書の在り方を問う必要もある。手描きの線はうねったり、かすれたりするのが普通だが、逆にそのことにより、ラフスケッチの特有の勢いある表現が可能となり、アイデアの生の魅力と今後の可能性を予感させる、良い意味での未完成さを生じさせることができる。特にこの“今後の可能性を予感させる”ということが重要であり、これは決まってないところは曖昧（または仮置き）にしておくということでもある。つまり、何でもかんでも整理して綺麗にさえできれば有用だ、とは必ずしも言えないところに、この分野の難しさがある。

以上の諸点から考えると、現実的なスケッチ支援システムの要件としては、描画の質的な面での支援（まずは単純に清書できれば良い）に加え、現実世界では面倒な事（2D から 3D への変換、手描き線（イメージデータ）のベクター化、パースガイド、試行錯誤の履歴管理等）が自動化/省力化でき、なおかつ発想作業を阻害しない操作手順/インタフェースを持つことであると言える。

これらが実現できれば、既存のデザイン CAD との組み合わせにより、デザイン初期段階での作業が効率化され、発想をスピーディに具現化することが可能となる。

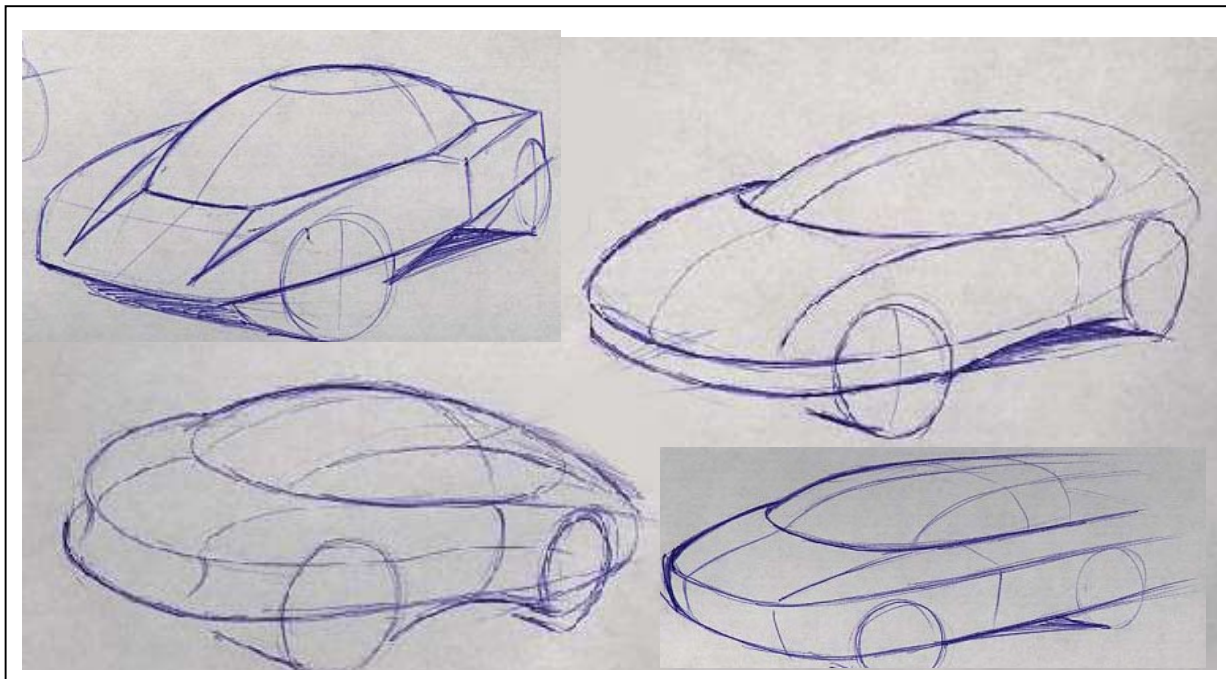


図-3.3-01 スケッチ初期段階

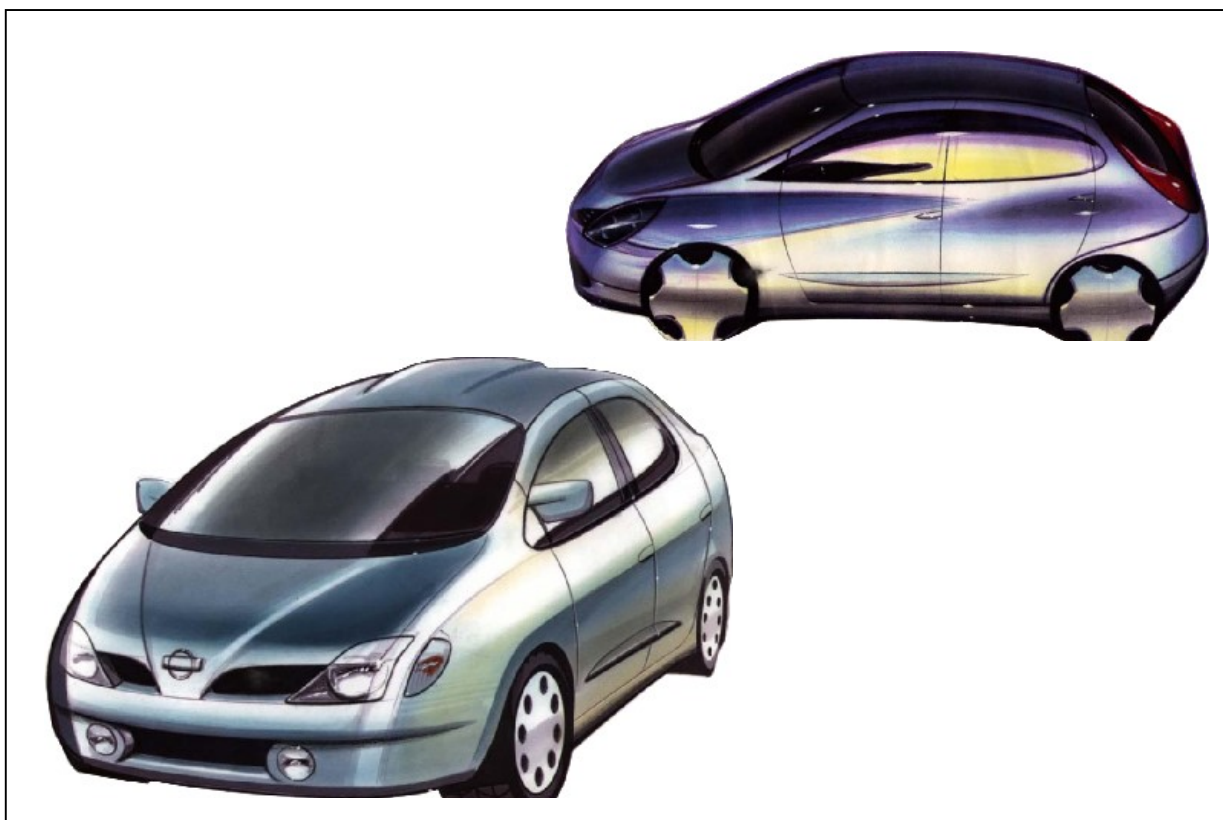


図-3.3-02 スケッチ中期段階

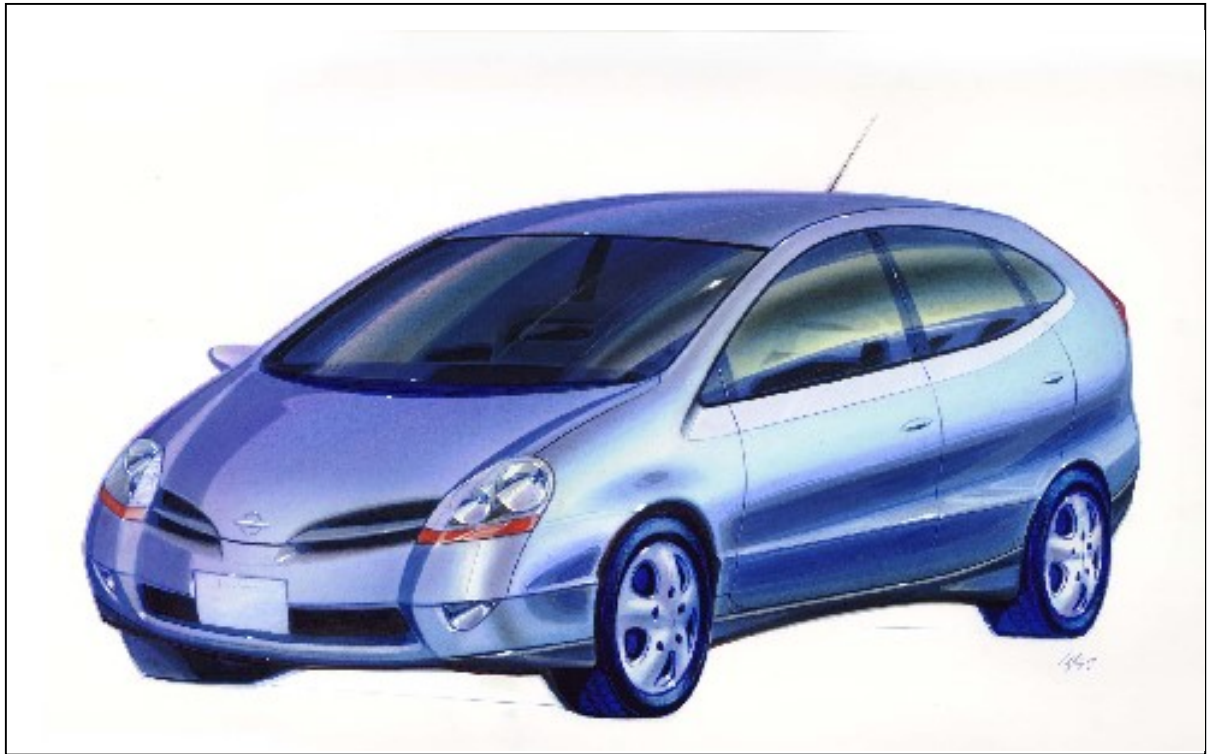


図-3.3-03 スケッチ後期段階(1)



図-3.3-04 スケッチ後期段階(2)

3.4 (株)日立製作所における例

3.4.1 スケッチの種別（製品による違いと広がり）

(株)日立製作所では、製品領域が広範囲に渡ることから、デザイン作業におけるスケッチは、対象となる製品分野により表現の仕方に違いがある。例えば、日常生活向け製品（家電・情報機器等）と企業・公共向け製品（電機機器・産業機器等）による違いが代表的である。前者の製品はおしなべて、デザイナー自身が使用者であり購入決定者となり得るものである。一般的に、不特定多数の使用者の要求を満たすことが求められる。使用感をデザイナー自身が追体験でき、スケッチワークのアイデアを展開していきやすい。また実物のラフモックによる検討もしやすい。新製品投入までの開発期間が短く、市場への参入企業が多いことなどから、製品化のスピードが要求されるといった面に特徴がある。後者は概して開発期間が長く、流通形態にも違いがあり、顧客も業態別にある程度特定化されている。また製品にもよるが、多くの場合専任の取扱者が使用する。デザイナー自身は専任の使用者の経験をデータ化し、スケッチワークに生かす必要が生まれる。更にスケッチワークにおけるプロセスの後段階でのプレゼンテーションが期待されている。製品据え付け状況を含めた、使用環境トータルでの評価が重視されるためである。主要な開発ではモデル（模型）も縮尺で作られる。原寸大モデルは部分的なものに止まり、日常生活向け製品のような実物検討はままならない。また昇降機や建設機械、車両のように製品が内部空間を伴うといった点で、スケッチワークにも違いが出る。一方、両者に共通に現れ重要になってきているのが、画面による表示・操作系に関わるインタフェース部分である。この場合のスケッチとは画面表示過程のシナリオのエスキスであり、グラフィックス表現であり、製品化のそれとは明らかな違いがある。

(表-3.4-01 参照)

製品	スケッチの種別	スケール感	操作者	利用者	購入決定者
日常生活向け	外観・画面の表示	原寸把握が容易	一般	同左	同左
企業・公共向け	外観・空間・画面の表示	把握に経験要	専任	一般/専任	左記以外の者

表-3.4-01 スケッチの種別（製品の違いにより、スケッチ種別などスケッチワークの範囲も広がり、性格的相違が生まれる）

3.4.2 スケッチの位置づけ（デザインプロセスと活用目的）

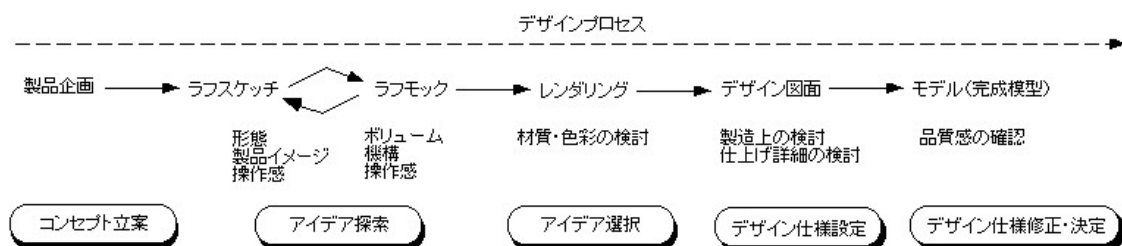


図-3.4-01 スケッチワークの位置（アイデア探索・アイデア選択段階のステージが相当する）

ここでスケッチワークをデザインプロセスの中に位置づけて見てみるとおおむね上図のようになる。（図-3.4-01 参照）その活用目的は概略として3つの段階がある。（表-3.4-02 参照）まずアイデアの素となる情報を抽出し、アイデアを展開していく段階。デザイナー自身が自分のアイデアを展開するためのものと言える。アイデアが熟成していないような段階のものである。（図-3.4-02 参照）次にそれを元にいくつかをピックアップし、デザイナー相互の意見交換に使ったり、製品開発に関する設計者や企画担当・営業担当者などと意見を交わし、アイデア展開の方向づけの確認や問題点を洗い出すなど、解決点を探る段階のもの。（図-3.4-03 参照）最終段階はデザインの絞り込みに使われるレンダリングと呼ぶプレゼンテーション用のものである。（図-3.4-04 参照）かならずしもパースペクティブで描くばかりでなく、アイデア交換用の三面図レンダリングをそれと兼ねる形で活用する場合も多い。（図-3.4-07 参照）

■ スケッチ

目的	対象			種類	内容
	デザイナー	エンジニア	製品企画・営業		
アイデア抽出・構築用	○			ラフスケッチ	アイデア探索・形態の検討
アイデア交換用		○	○	2Dスケッチ	開発の方向づけ・形態の提案
アイデア伝達用			○	3Dレンダリング	商品イメージの確認・形態の選択

■ モックアップ

目的	対象			種類	内容
	デザイナー	エンジニア	製品企画・営業		
アイデア抽出・構築用	○			ラフモック	アイデア検討(ポリウム・機構・操作感)
アイデア交換用		○	○	ラフモック	製品イメージの検討(寸法・機構・操作性)
アイデア伝達用			○	モックアップ	商品イメージの最終確認(デザイン仕様)

表-3.4-02 デザインワークにおけるスケッチとモックアップの利用目的と対象

3.4.3 スケッチの実際（その一例）

スケッチについては実際どのような思考を経て進行しているのか、その一例を参考までに示す。スケッチは形態を案出するために行われるのであるが、その過程はアイデアを生かす形態を描きつつ、絶えずそれを自己にフィードバックすることで次の展開へと繋げながら描いているといえる。つまり、明解な形が常に頭のなかに先行的に浮かんでいるのではなく、目と手とが連動し、線や形が描かれたときに始めて明確に認識され、それがまた頭に即座にフィードバックされ続けて次の形や線を描かせていると言える。線をなぞったり次々と思いつく形を描きながら、同時にアイデアや形へのヒントが生み出されている。従って重複した線や描き出した形には、次の形態発想を促す意味が隠されているものである。

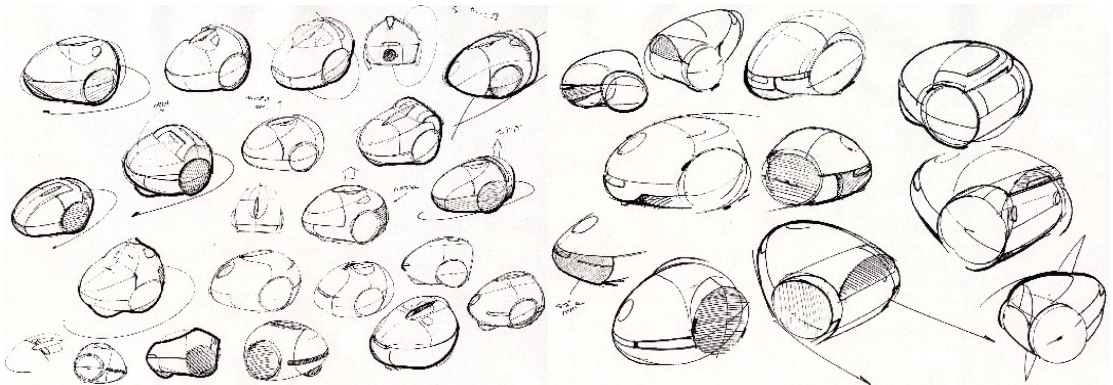


図-3.4-02 手書きスケッチの展開例（アイデア展開の段階、サムネイルスケッチとも言う）

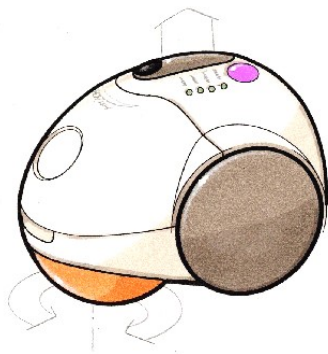


図-3.4-03 アイデアスケッチよりピクアップした描画例

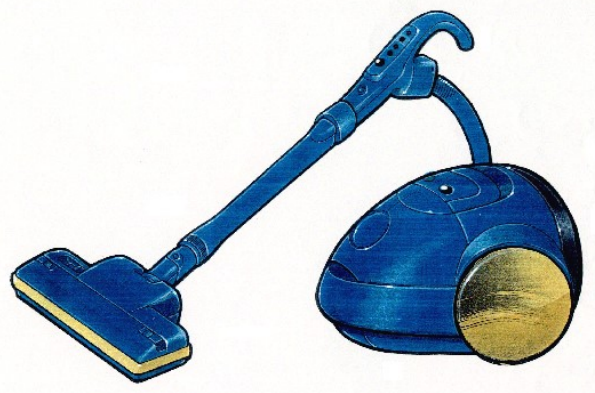


図-3.4-04 プレゼンテーション用のレンダリング

何個もの形や何本もの線を確認しながら、ここには納得する形も線もないと、次のまったく違った線を引き出したり、あるいは無意識になぞりながら、先程なにげなく書いた線にもう一度戻りながら、段差を付けたらどうかと思いついたり、丸みをつけて見たらどうかといったことを繰り返しながら展開していく。(図-3.4-02 参照)

あるアイデアを更に詰めてひとつにまとめる場合、ある形態が固定されて似たような線が何本も引かれるが、それは形態検討の過程であり、結果的には迷いと言えてもニュアンスには微妙な違いがある。しかもなぞり線が形態決定で占める重要度は、その中の一本の納得できる線を選択するために全体造形を常にトレースしながら判断している点である。スケッチされた線や形は次の形態展開を予期していると言える。手書き手法はかなりの程度で、行きつ戻りつの思考を繰り返した痕跡を止める。このような推敲の跡を常にその時点で最新情報に置き換えて表示するのが、現在の 2D や 3D の表示方法である。UNDO/REDO 操作などで取り消し前後の描画状態に戻るが、その表示画像は現在のみを表している。つまり思考のプロセスの痕跡はその表示画像そのものからは読みとれない。

現在の電子化の手法は、その表示画像も現在のみを示し続けるという形をとっている。ところが実際は、デザイナーが思考した線や形はまた甦り再発見される線でもあり形でもある。そのような繰り返し引いた線を確認しながら、デザイナー自身が意味のある、例えばいままでにない新鮮さ、美しさ、合理性、機能性といった自分自身が納得できる形態創出を確信しようとしている。あるときは以前に感銘を受けた類似の形態イメージ(図-3.4-05 参照)を突然思い出し、それをここに適用したら良いと思いつかぶということも大いにある。(図-3.4-06 参照) 電子化による描画法との違いと言える。



図-3.4-05 参照イメージデータ例

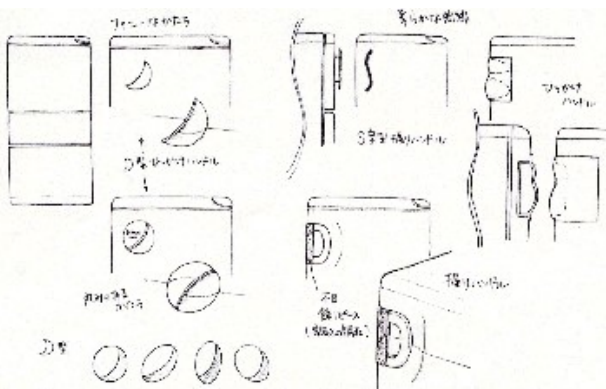


図-3.4-06 アイデアスケッチ (冷蔵庫ドアハンドルの例)

形態決定はあらゆる与条件を自らも作り出し乗り越える、実践的な問題解決の解を創り出す行為である。その解決のためには、例えば取り扱い上の問題や、メカニカルな機構部分、あるいは材質選択や生産方法といった直接的な要因以外にも、何かの流行や店頭での展示効果などの、販売を促進する要因といったソフト的な効果にも関る。当初のコンセプトが明快であり、それが直接造形に繋がるものであれば、形態検討は第一義的にはそこを目指す。そのような明確な目標を見出し得ない場合でも、デザイナーは、内在する意志の働きかけによって、モノに新たな意味を付け加えよう、なにか使用者にとっての価値をつけ加えたいと思い、スケッチを開始するものである。形を描き出し線を引いているうちに、その線や形からもっとこうしたらどうだ、といった造形展開の考えを思い付いたりする。このような閃きが、何度も描いた描画の痕跡の上に出現しやすいと考えるのは、多分に科学的な根拠があつてのことではないが大いに起こり得る。アイデア抽出のためスケッチを描けるだけたくさん描くということは、そういう啓示を得るためでもある。そのとき突然にいままで描いていた線も形をも放棄してしまうというように、スケッチワークは時間的に見れば、ひとつの形を直線的にトレースするわけではなく、他のイメージとの置換、イメージを補完するサンプルの確認、定規などによる人為的な線のサポートやラフモックの試作などによってひとつの形に至る。ある場合には当初予期しなかったり、思い付かなかったような形態コンセプトに新たな目標を見出し、そこに集約しようとして再スタートが切られたりもする。商品企画やコンセプトというような目標が定まっても、特に形態イメージは最初から明確にあるのではない大まかなもので、その目標は厳格に定義されるようなものではない。しかも場合によっては途中で、その目標さえよりよいと感じられる目標に容易に変更されうるものである。目標が厳密に定められてないような揺らぎがあり、ゴールも常にゆるやかな範囲にあるから、効率的な最短距離をめざす思考にはならず、かなり散策的であるとも言える。

このようなスケッチという行為について佐藤章蔵[1][2]は、次のよう述べている。「これまで、デザインといえは、最も曖昧に、最も多く、無数の絵が描かれながら、その絵の役目と意義については論じられてこなかった。しかし、デザインの過程においては、形の案を可視表示しなければならない。では、デザインプロセスの中で良い絵とは何か。ひとつには、創作芸術の製作過程と同様の、または類似の造形態度を持って描かれた堅固な写実的スケッチ。

次に確実なパースペクティブを基礎とすること。そして自由闊達な絵であること。造形の中で良い絵を描くための案のカメラとなる腕を具えよ。特に、この技量が高ければアイデアの回転、決心を早め、迅速に、確実に実質的な造形

を進め得ることになるであろう。良い絵を描けば、形の要素について、造形上の要否、有利、有害を発見できる。その整理によって、確実に主題を創り上げることができるばかりでなく、今まで考えられなかった新しい主題を発見できる。逆に、絵が悪い場合の損失は、現実性が低く、信憑性に乏しいため、造形内容を評価できないだけでなく、自他を迷わす。そのため造形上の理解力及び創作力を拡張することがない。デザイン行為の展開と発展は、思考と表現が表裏一体となって初めて有効な総合結果を可視的に設定できる。従って、個性豊かな造形感覚とその訓練は、デザイナーの意図を統一し、具体化する最も重要な要素として、科学的な各種情報の研究以前に徹底すべきである。」 [3]

3.4.4 スケッチ展開の変化（デジタル化）

スケッチ表現では前項で述べたように、まったくの個人の発想段階と、ある程度自分の考えが説明できるようになった段階のスケッチとは描き方も違って来る。特にデジタルソフトの利用により、ピックアップ段階のスケッチが3面図のレンダリングレベルのもつ質感に置き換わり（図-4.3-07 参照）、パースペクティブのレンダリングレベルの作業が、3次元CGやサーフェス・ソリッドによるデジタルレンダリングの表現に置き換わる動きも出ている。

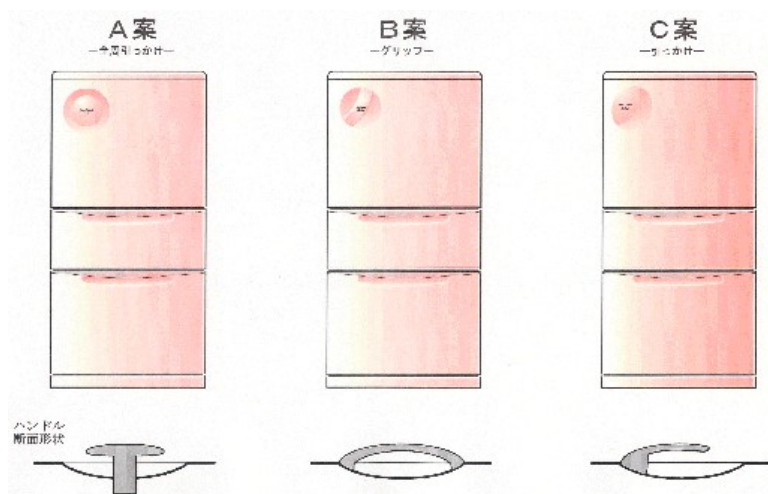


図-3.4-07 三面図のデジタルスケッチの例

個人の発想展開には、従来の手書きスケッチによる展開が依然大半を占める。とは言え、その展開の時間や比重は少なくなりつつある。デザイナー自身への形態確認のフィードバックが確実にできる3面図によるデジタル化での展開も増えている。また企業・公共向け製品の作業では、3Dへの描き込みが当初

のアイデア展開より行われる例もあり、現段階での取り組みは個人の興味や習熟度による違いも大きい。しかし、今後このようなスケッチのデジタル化ないしはデジタルスケッチをベースにしたデータ資産を活用するデザインプロセスの変化が、益々意味をもつ動きとなるであろうことは想像に難くない。現段階では、スケッチのデジタル化は2次元のCGによるものが中心で、一部に3次元CGの表現があるといった程度である。手書きスケッチがデジタルスケッチに置き換わったり、あるいはスケッチワークや簡易な図面化に対応してその後形状入力モデリングワークを日常的に行うというような定常的、段階的なプロセスを踏む動きまでには至っていない。

その理由は費用の面やデータ交換といった課題もあるが、入力方法そのものがデザイナーの思考や感性に適合していない部分が多いこともそのひとつである。グラフィック分野での2次元の画像ソフトの普及のひとつは入力方法の進展にある。比べてインダストリアルデザイン部門の3次元による形態展開というとき、エンジニアリングCADが先行したこともあり、フィーチャ・パラメトリック主体の拘束条件と履歴によるモデリングの手順はわずらわしく、使い難いものである。サーフェスでの自由曲面も扱い易くなったとは言え、まだまだデザイナーの直感的な手法を満たすものとはなっていない。製造分野でのモノづくりの特性による違いをも考慮し、デザイナーの側が更に進んで歩み寄れるような、思考をもっと直接的に反映できる柔軟な入力や編集加工作業、表現方法を新たな入力ツールの開発と合わせて望みたい。

関連文献:

[1]碓 義朗: “第一車両設計部—ブルーバードの男たち—”, 文藝春秋 pp.43-48, 80-85(1981)

[2]森本眞佐男: “トヨタのデザインとともに”, 山海堂 pp.138,(1984)

(注) 佐藤章蔵は日産自動車設計部造形課(当時)において、ダットサン 110 型('55年)・112 型セダン('56年・第2回「毎日産業デザイン賞」グランプリ)・ダットサン 310 型(初代ブルーバード・'59年)・セドリック D30('60年)その後トヨタスポーツ 800('65年)などを手がけた。鉛筆淡彩画法によるスケッチを得意とした、カーデザイン黎明期のデザイナー。上述の関連文献に同氏に関する記述が見える。

参考文献:

[3]佐藤章蔵: “千葉大学工学部工業意匠学科における講義の写し”, (1966)

3.5 ソニー(株)における例

3.5.1 デザインの現況と 3 次元入力システム

高付加価値意匠デザインのための 3 次元形状モデリングという大テーマを検討する過程で、アイデアスケッチの入力インタフェースに的を絞り込んだのは一つの成果である。現在企業内の商品開発・デザイン・設計の情報化が進み、ドラフティング CAD はもちろん 3 次元 CAD/CAM も広く活用されている中で、デザイン部門には 2 つの不満がある。一つはデザインの発想段階を支援する CAD がないことであり、今一つはこれとも関連して、現在のデザイン CAD が下流の設計・製造に渡す図形データのドキュメンテーション作業に追われがちであることである。もちろん近年のデザイン部門では、パソコンを使った 2 次元スケッチや 3 次元レンダリング、ワークステーションを使った 3 次元モデリングや CG のウォークスルーによるダイナミックなプレゼンテーション等が日常的に行われており、これらは単に人に伝えるだけでなく自分のイメージを形に定着させ熟成させる上で役立っている。しかしこれはまだ発想段階の支援ツールとは言い難い。発想と表現作業の間の即時性やインタラクティブ性に欠け、キーボードやマウスによる図形入力では入力操作と形が直結していない。特に 3 次元モデリングをしようとするとき現在の CG/CAD システムでは無味乾燥なキーボード操作を要求され、直感的な形状入力ができない。今回絞り込まれたテーマには、発想段階に役立つ直接的・直感的な 3 次元形状入力システムになり得るのではないかと期待が込められている。

開発システムのコアとなるスケッチインタープリタは、タブレット・ペンを使った直接的な図形入力とその 3 次元モデリング化を特徴としている。言い換えればこれはスケッチによる 3 次元入力方式、すなわち 3 次元スケッチ入力方式といえよう。これが本当にデザインの発想段階の支援となるには多くの課題を抱えている。そのなかから 2~3 の点に絞ってコメントする。

3.5.2 デザイン作業における手書きスケッチの役割

パソコンを使った 2 次元スケッチや 3 次元レンダリングによるプレゼンテーションが普及しつつある現在、手書きレンダリングは減少する傾向にある。手書き作業は、デザイン初期のアイデアスケッチにますます比重が移りつつある。

レンダリングスケッチの手法はパステル/色鉛筆といった時代から水彩、マーカー、そして近年のパソコンツールへと変遷したが、デザイン初期段階のアイデアスケッチは相変わらず鉛筆やボールペン、細線のマーカーペンなどによる線画ドローイングが主流である。これは適当なサイズのスケッチパッドと相まって、腕と手のしなやかな運動からうまれる伸びのある美しい線を生み出す。運動の軌跡はリアルタイムに紙の上に定着され、目を通して捉えられた視覚的な形体は脳の中で運動感覚と照合されて、美的判断を含む総合判断が即なされる。タブレット・ペンによる手書き入力にはスケッチのスキナー取り込みと比べた場合、手と目と脳の連動を保ち思考が中断しないというメリットがある。

スケッチの線はさまざまな意味をもつ。外形線、断面線、相貫線、特徴線（キャラクターライン）、面の張りや流れ、フィレット、部品割り線、陰影、ハイライト、テクスチャーなど物の形状や属性を表わすものから、物と物の関係、運動、さらに概念を表わすダイアグラムや記号もある。スケッチ作業の過程では、外形線や特徴線を描き進むうちに部品の分割線が見えてきたり、そこから新たに断面形状のイメージが湧いたりといった形の意味の展開や変換が、手と目と脳の相互作用を通じて自然に行われている。ラフスケッチの例として IC レコーダーを図-3.5-01 に示す。ここでは新カテゴリー商品の造形プロトタイプを求めて、多方面のアイデアスケッチがスピーディに展開された。手描きイメージスケッチ（図-3.5-02）に実寸大の発泡ラフモックを添えて企画、設計サイドに提示された。商品（図-3.5-03）は提案デザインより一回り大きくなったが、デザインイメージは貫かれている。

言うまでもないが、デザイナーは外装形状を内部部品との関係、機能と操作のための最適解、当該製品と他の物や環境との関わり方、そして最も重要な製品のヒューマンインタフェースや形の持つ象徴的な意味性等を同時に考慮しながら描いていく。このプロセスは製品ジャンルとその時々デザインテーマによって多様であり、ここでは深入りしない。いずれにしても 3次元スケッチ入力方式は、手と目と脳のインタラクティブな相互作用を通じて行われる思考の流れを妨げない、むしろ活性化するくらいスムーズなインタフェースを備えていなければならない。

この項ではスムーズなスケッチ入力インタフェースの実現を強調したが、これは紙の上で行われたスケッチ作業をそのままパソコン上で行うことではな

い。目的はあくまでも 3 次元モデリングを直感的・直接的に行うための手法であることを忘れてはならない。

3.5.3 線から立体へ

3 次元モデリングをデザイナーの発想やイメージ展開と連動するスピードで生成し、意のままにハンドリングすることは、デザイナーが永年求めている夢である。しかし、コンピュータサイド（システム開発サイド）からすれば、一般的には 2 次元スケッチから 3 次元の形状を一意的に規定することはできない。スケッチインタープリタでは初期の入力図形を直方体に限定することによって 3 次元化を行っているが、これではあまりにも表現が制約される。今後他の 3 次元変換方式、例えば多くの工業製品が左右対称形であることに着目した方法[1]や 3 面スケッチからの方法[2]なども含めて検討する必要がある。

3 次元入力を簡単にするということは、できるだけ少ない制御線でいかに豊かな曲面をつくるかという課題に置き換えることもできる。その意味から、外装デザインのためのプリミティブ形状をどのように捉えたらよいかを再考してみる必要もある。既成 CAD/CG システムのソリッドモデリングで用意されている幾何形状のプリミティブ立体だけでなく、2~3 のフリーハンド曲線で定義される曲面をプリミティブとして、そのブーリアンオペレーションや変形によって得られる形状をベースに造型するといったことも考えられる。その操作をどう直感的に行うかも重要な開発ポイントになる。

かつてイタリアのマリノ・ベリーニは、機構部品の突起部分を覆う単純な形状を型として真空成形シートで有機的なコンピュータ・コンソールをデザインした。これとは逆に外装シートを内圧で膨らませた時にできる曲面や、サーフェスモデルに外装材としての粘弾性や剛性のパラメータを定義できるようなモデリング方式をとれば、かなり少ない制御線でリアリティのある曲面が生成できるものと考えられる。古くは寺院の屋根や石垣のカーブに用いられた懸垂曲線も物理モデルのヒントになる。現在 CG レンダリングではあれほど多様な質感表現や光源の制御が取り入れられているのに、3 次元 CAD のモデリングに物性や力学的属性が応用されていないのは不思議であるとさえいえる。それはさておき、得られた形状をフリーハンドカーブで定義したスクレイパーでクレームodelのように削るとかサンドペーパーで滑らかにするなどの加工・変形が、実物を直接手作業で加工しているような感覚で行えたら、デザイナーも厭わず

にこのツールを使うであろう。これも多くはインタフェースの開発の問題に帰するといえる。

3.5.4 発想段階におけるツールの役割

デザインの発想段階における CAD は、まずデザイナーの自由な造形表現を支援することに徹することが肝要であろう。コンピュータは切れ味の良のみ・かんな・絵筆となり、実際の絵筆が手になじんで道具を意識することなく描けるように、デザイナーがツールのオペレーションに意識を分断されることなく手と目と脳の相互作用を引き出すことができるようなシステムを目指すべきであろう。かつての道具がそうであるように、造形表現のためのツールもその用途目的に合った多くの選択肢があつてよい。それをデザイナーのニーズに応じてカスタマイズできる考慮もなされるべきである。これが切れ味のよいツールとなるためには、デザイナーの意図がツールを通して自在に造形表現の細部に伝わる必要がある。

発想支援というと何かキーワードやコンセプトの入力で自動的に意図する形が出てくるようなことをイメージしがちであるが、これはともすると CAD (コンピュータの支援によるデザイン) でなく AD (自動設計) がたどった轍を踏むことになる。下流の仕事あるいはルーチン化した仕事ほど自動化が可能であり、上流の仕事あるいは創造的な仕事ほど人間の直接的な表現や判断が必要となることは、造形デザインの場合も例外ではない。

3.5.5 ソフトとハードの融合

3次元スケッチ入力システムは、コアとなるソフトウェアがなければ始まらない。しかしそれが使いやすいものになるためには、ハードウェア面の開発も伴わなければならない。手書き入力作業にマッチしたサイズのタブレットや、ディスプレイと合体した透明タブレットの開発が必要である。また、ディスプレイ上のオブジェクトやプリミティブを移動・回転・変形したりそれに加工を加えるための操作は、マウスでコマンドメニューを選ぶだけでない直感的な操作の物理インタフェースが必要となろう。

この辺についてはコアソフトウェアを使ったベンチマークテストを通じて、デザイナーからより具体的な要望がだされるものと思われる。コアソフトウェアの早期開発が待たれる。

参考文献:

[1]青木 潔,遠藤 明彦,加藤 立朗: “人間の発想を立体図形に翻訳するソフトウェア”,創造的ソフトウェア育成事業及びエレクトロニック・コマース推進事業最終成果発表論文集,(1998)

[2]T. Kuragano, S.Furukawa, M.Kuroda: “Methods to Generate Freeform Surfaces from Idea-sketch and Three Dimensional Data”,Sixth IFIP WG5.2 International Workshop on Geometric Modeling:Fundamentals and Applications pp.286-295,(1998)

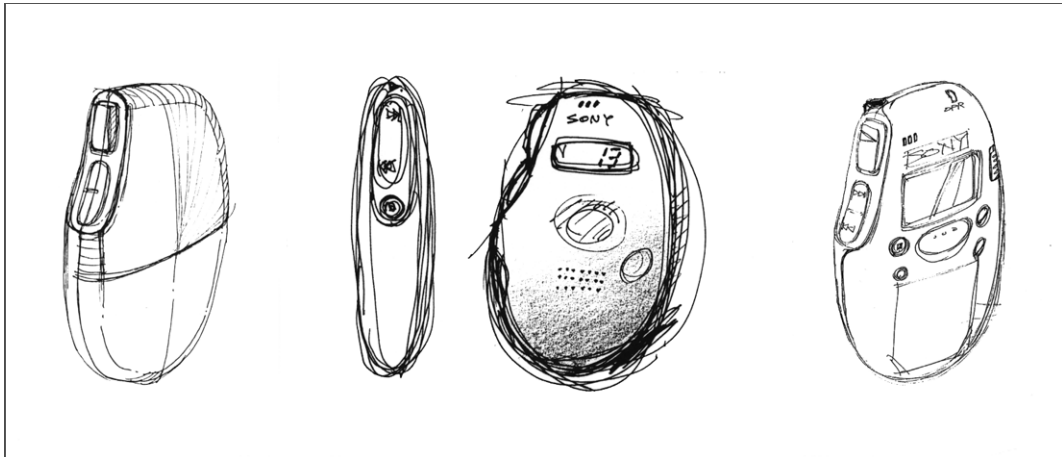


図-3.5-01 ICレコーダーのアイデア展開のためのラフスケッチ、D: 政光



図-3.5-02 ICレコーダーのイメージスケッチ



図-3.5-03 ICレコーダー ICD-50、1996年発売

3.6 富士通(株)における例

3.6.1 情報通信機器のデザインにおけるスケッチ

機器の意匠デザインにおいては、対象とするプロダクトの商品性や技術的な与件を考慮して造形を決定していくが、そのデザイン工程の最初の作業として位置づけられるのがスケッチである。デザイン開発の作業でのスケッチの役割としては、造形のアイデアを具体化していく最初の工程であり、基本的な大きさや形状を検討しながらいろいろな機能的なアイデアを出していくためにも必要なものである。最近ではパソコンなどを活用したレンダリングも多くなってきているが、スケッチの段階では、従来の紙と鉛筆を使用した手書きのスケッチを行なっているデザイナーがほとんどである。

コンピュータやその周辺・端末機器、電話機などの通信機器のような情報通信機器においては、近年、技術の急速な進歩により、システムのダウンサイジング化とともにパーソナル化が進展し、人々の日常の生活の中に入り込んでくるようになってきた。このようなことから、機器の商品性やユーザの購買動機のなかでもデザインの占める比重が大きくなりつつある。一般に、情報通信機器のデザインを行なう上での特徴としては、以下のようなものが考えられる。

- (1) 構成部品や技術要素の制約が大きく、また基本的な造形の大きな変化が少ない。
- (2) 技術進歩が激しいため製品サイクルが短く、短期での作業となる。
- (3) 顧客の購買動機として、外観デザインよりも性能・機能に重点が置かれる場合が多く、機能を表現するデザインが要求される。また、高度で複雑な機能を有するものが多く、ヒューマンインタフェースに特別の考慮が要求される。

このような機器デザインのスケッチの例を図-3.6-01～03 に示す。図-3.6-01 は、外観形状のイメージを描いたスケッチであり、製品の全体的なイメージを検討する段階である。図-3.6-02 は、製品の使用シーンに対応したイメージを検討し、機能的なアイデアも表現したスケッチ、図-3.6-03 は、ヒューマンインタフェースを考慮して、機構的なアイデアも含めてデザインを検討したスケッチの例である。

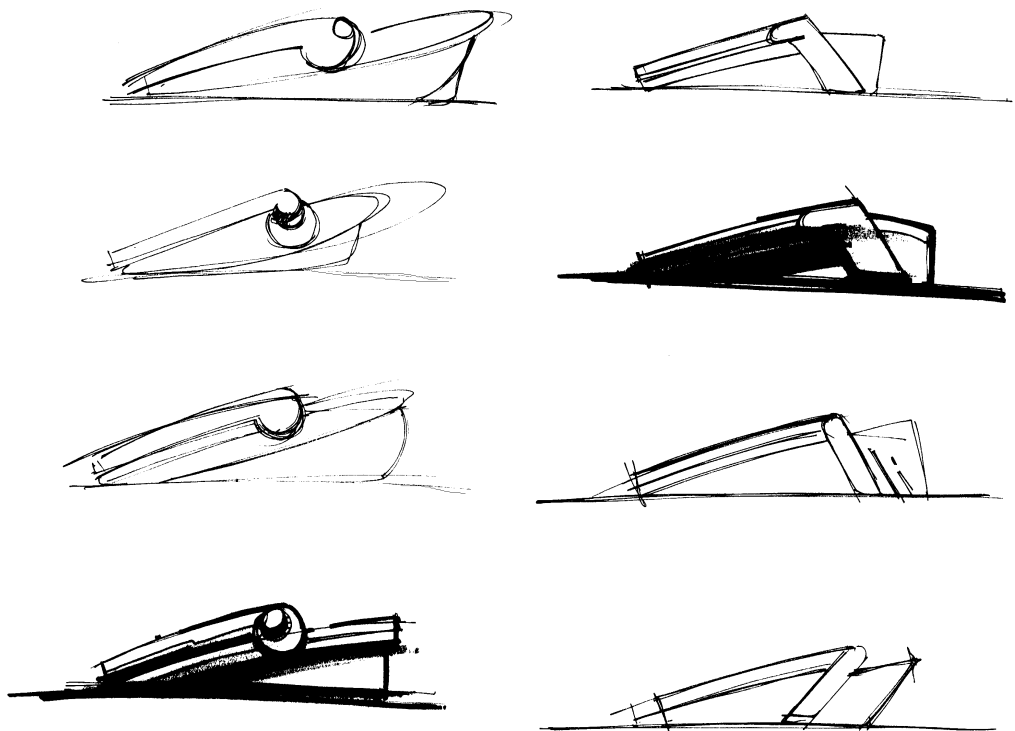


図-3.6-01 形状のイメージを検討するためのスケッチの例

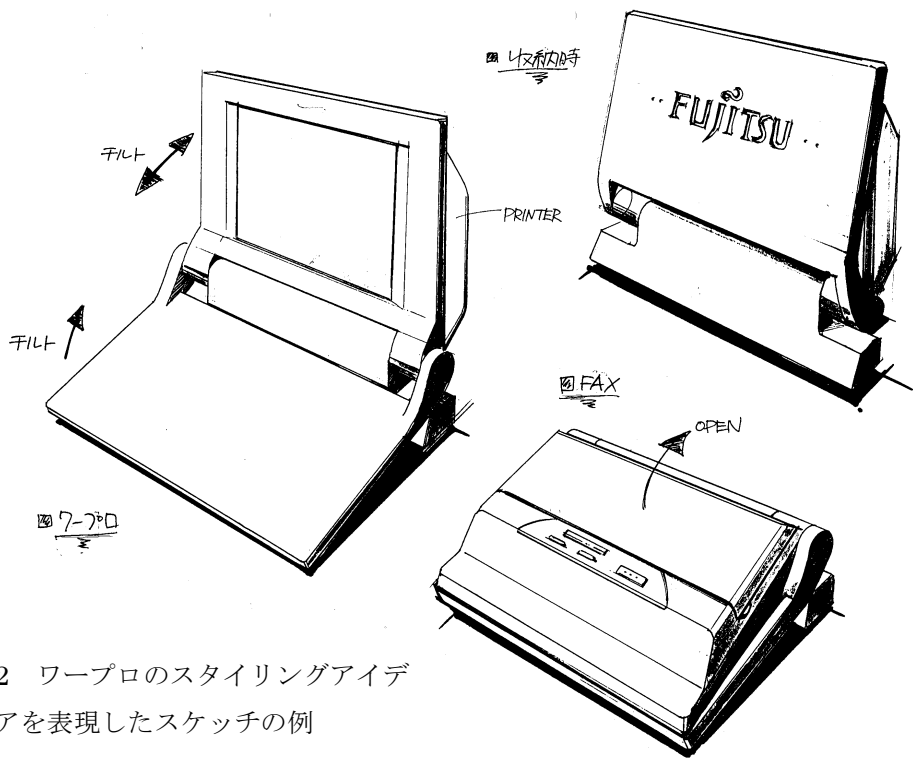


図-3.6-02 ワープロのスタイリングアイデアを表現したスケッチの例

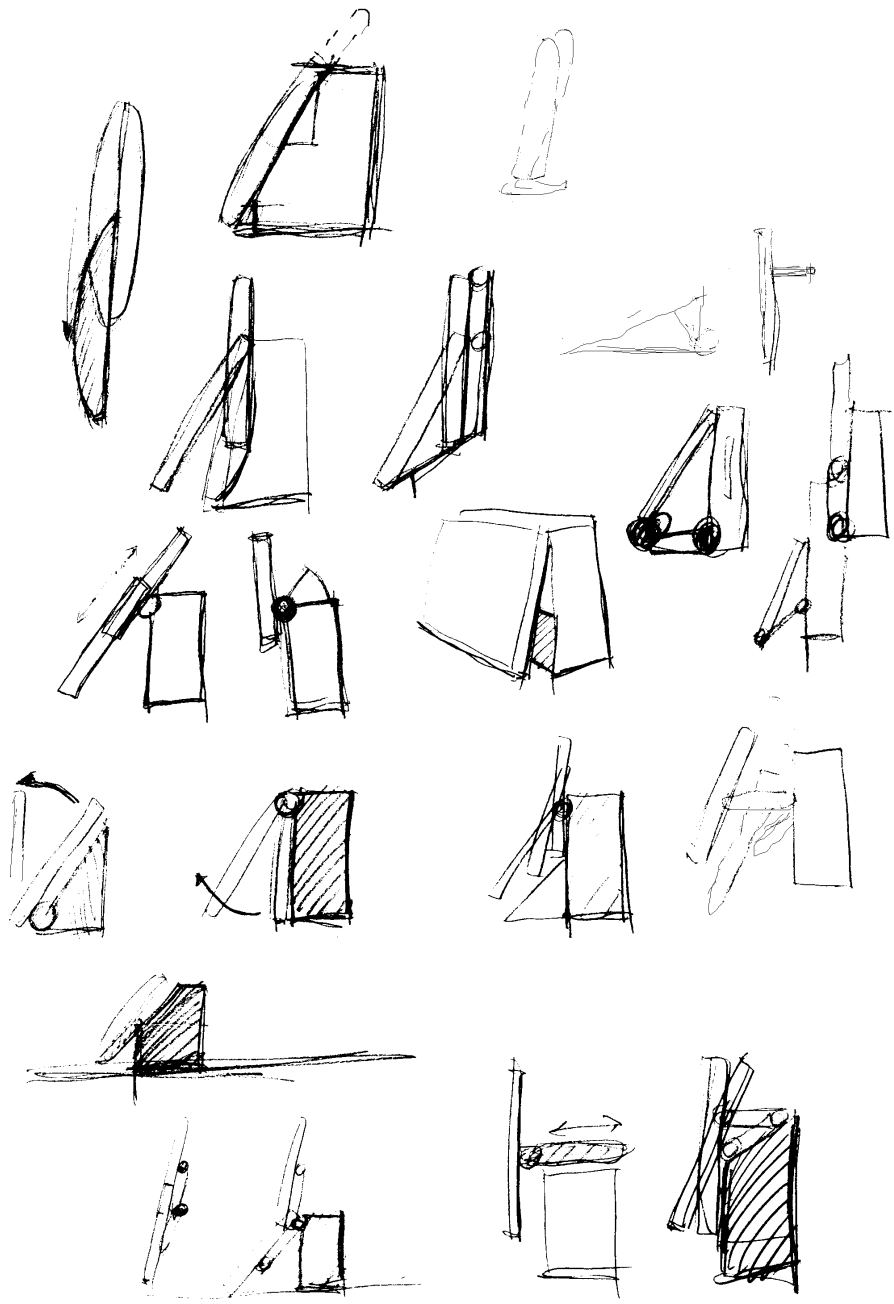


図-3.6-03 液晶ディスプレイの画面角度を調節する機構の
アイデア展開のためのスケッチの例

3.6.2 スケッチ入力ツール活用のアプローチ例

スケッチの方法については、個々のデザイナーや対象とする製品によって異なってくる。例えば、最初にスケッチを描き始めるのは全体の外形からの場合や、特徴的な造型の部分やキャラクターラインからの場合など、デザイナーのイメージの構成や発想によってスケッチのプロセスは変わってくる。ここでは、現在試作中の「スケッチインタプリタ」のプロトタイプを念頭において、「スケッチインタプリタ」が有効に使えることを前提に、入力プロセスを分析し、スケッチのツールとしての活用方法を検討してみる。

まず、全体の大きさをイメージして直線のみによって外形の立方体を描くことから始める（図-3.6-04）。ここでは塊としての物体のイメージを意識し、スケールの設定や断面の形状を念頭に置きながら、立方体からの切り取りによって形状の概要を決定していく。図に示すように、「粗削り」から、溝や穴などの「えぐり」や凹面部の「削り」、さらに凸部の形状の付加などにより、細部の形状を具体化していく手順が考えられる。また、外形ラインを決定した後は、コーナーの曲面や頂点の形状を数値的に検証しながら決定し、一枚のスケッチを完成に近づけていくことができる。以上のような作業をコンピュータの画面上で3次元立体モデルとして取り扱えれば、プリミティブなスケッチから出発して、全体の形状がより具体的に表現できるとともに、後の工程への形状引継ぎにも大きな効果が期待できる。

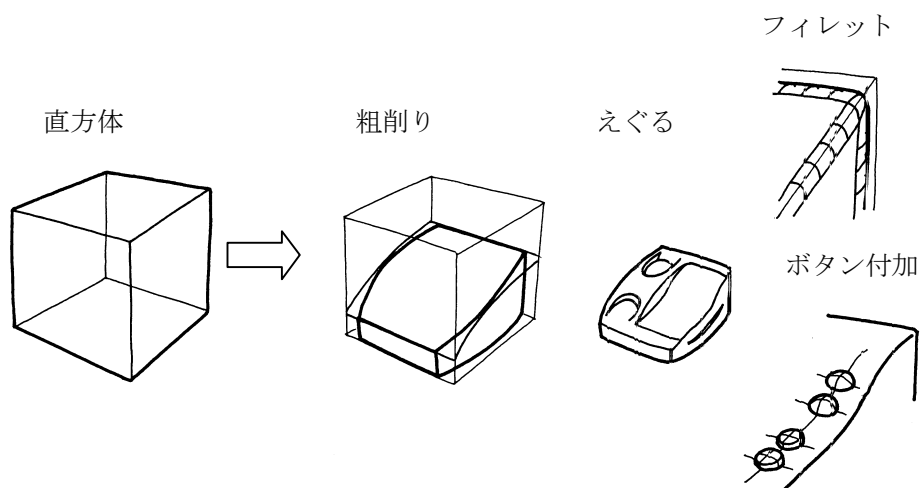


図-3.6-04 直方体からの加工の例（切削、付加）

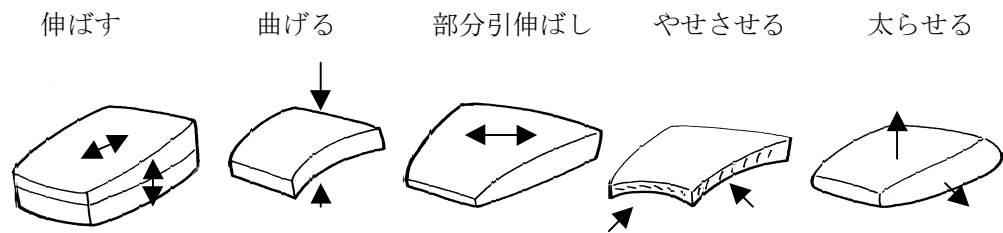


図-3.6-05 図形の基本的な変形手法

一方、図-3.6-05 に示すように、ここでの表面形状の変形要素として、部分の「引き伸ばし」や「短縮」、全体の「曲げ」、「やせさせる」、「太らせる」、表面の一部の「押し込み」、「引き出し」などの作業要素が画面上で簡単に加工できれば、紙の上でのスケッチに比較して、よりバリエーションの広いアイデア展開が可能になると考えられる。

3.6.3 今後の課題

現在の3次元CADシステムは、形状データの入力やシステムの操作等が複雑で、意匠デザインとは別の技能や知識が必要とされ、デザイナーにとって使いやすいものになっていない。このため、その導入のコストとともに、システムを普及させ活用するのに大きな障害となっていることは事実である。デザイン開発作業の初期の形状創成段階であるスケッチの機能のすべてに対応したCADを開発するのは無理があるにしても、一部の領域や手法において、デザインの発想を支援し、製品開発の効率化を大きく推進するものとして、「スケッチインタプリタ」のようなツールは期待が持てる。今後は、スケッチ手法の分析とともに、デザイナーの発想を支援し、より創造性の発揮できそうなツールの研究開発にも期待をしたい。

第4章 スケッチを生かした形状入力手法

本章では、スケッチについて調査を行なった結果をもとに分析を行ない、コンピュータへの実装手法についての提案を行なう。そのために、各企業のデザイン部門に所属するデザイナーに規定のスケッチを描いてもらうことにより調査を行なった。そして、各企業の取材結果から、共通点や相違点などを分析し、形状入力手法の提案を行なう。

4.1 スケッチの分析

本節では、スケッチ調査についての実施要項および分析結果を示す。スケッチ調査はデザイン部門に所属するデザイナーに課題を提示し、そのスケッチを描いてもらうという形で行なった。スケッチ調査の目的は、人による差異、共通点などを分析することにより、スケッチにおける形状のとらえ方や描き方を、スケッチと形状の関係としてまとめることを目的とする。

4.1.1 は実施するにあたって用意した資料であり、それぞれ課題の意図するところ、描画条件などを示してある。4.1.2 は当日のメモおよび撮影したビデオをもとに作成した分析結果である。

4.1.1 スケッチワーク実施要項

以下は、スケッチに関する調査時に用意した資料である。スケッチ調査にご協力頂いた企業は(株)日立製作所、日産自動車(株)、ソニー(株)、富士通(株) (取材順) の4社。すべてのデザイナーに、ほぼ同様の課題をこなしてもらった。

課題内容は大きく分けて3種類。まず、基本形状(直方体、円柱など)のスケッチを行なってもらい、次に、身近にある製品についてのデッサンを行ってもらった。そして最後に、課題(平面で囲まれた形状、丸い形状)をもとにイメージスケッチを行なってもらった。

最初の10分程度でスケッチワークの説明を行ない、実施する項目、目的などを伝えた。デザイナーが複数いる場合には、両方もしくは交互にスケッチ作

業を行なってもらった。また、スケッチ終了後に、スケッチに対する質問などを 30 分から 1 時間行なった。

スケッチ作業の様子、質問時間はすべてビデオ撮影を行ない収録した。各社ともにミニ DV60 分×2～3 本に収めた。また、描いてもらったスケッチは資料として回収している。

また、スケッチを行なう際に下記の事項に注意してスケッチを行なってもらった。

- ・見えない線をどのように描くのか
- ・陰影をどのように付けるか
- ・描くときに思っていること、意図を口でできるだけ言ってもらう
- ・描く際には、当たり前で描かないようなライン（パースの線とか、断面とか、ボタン配列のときの補助線、曲面や平面状に何かを付加する場合の位置を表現するのに使うラインなど）も頭の中にイメージしているなら描いてもらう。

(1) 基本形状のスケッチ

ここでは基本形状のスケッチを行なってもらった。基本形状は、製品のもつ形状を構成する要素となり、スケッチの基本ともなる。この基本形状スケッチの調査により、多くのデザイナーに共通の描画手法、形のとらえ方を明らかにすることが目的である。また、基本形状は、単純な形状であるがゆえに描画手法は多くないと考えられる。したがって、描画手法が確立できれば、コンピュータへの実装は容易である。

基本形状は直方体、円柱、円錐、球の 4 つである。この 4 つは Light Wave 3D のオブジェクト入力メニューにあったものである。描く条件については、さまざまな視点、大きさで描くといった程度で、適当に視点や大きさを決めてもらった。また、基本形状のバリエーション（直方体なら L 字ブロック等）も同時に描いてもらうこともこちらから注文した。品質については、普段自分用にスケッチしている程度。時間は 1 つのプリミティブにつき 5 分から 10 分程度である。

(a) 直方体

直方体は、パースの基準となったり、部分的なプリミティブとして用いられる。どこから描き始め、どこに多く線が描かれるかに注目する。パースの取り方はどのように行なっているか、また、パースの修正はどのように行なうかに

注目する。時間に余裕がある場合には、L字ブロックや、その他、直方体ベースのバリエーションについてもスケッチを行なってもらった。

(b) 円柱

立っているところと寝ているところなどを描いてもらった。描き始める部分に注目する。また、中心線が曲線のもの（チューブのようなもの）も描画してもらった。

(c) 円錐

円柱よりもパースの取り方が難しいと思われる。どこの面から描き始め、どの面を基準に形状を組み立てているのかに注目した。立っているところ、寝ているところを最低限描いてもらい、それ以外はデザイナーに自由に描いてもらった。

(d) 球

直接プリミティブとしてはあまり利用しないようである。球の一部をプリミティブとして利用することはあるようなので、最も単純な曲面としてどのように入力するか注目した。陰影により表現されるのか、また、面上線によって表現するのか。ほとんどの場合、両方スケッチしてもらった。

(2) 身近にある製品の形状のデッサン

この調査では、すでに形状が決まっている場合に、デザイナーが3次元形状をどのようにとらえるかを分析するためのデータ収集を行なうことを目的として行なった。

形状をプリミティブの集まりとしてとらえるのか、まず外形をとらえるのか。プリミティブの集まりとしてとらえるなら、プリミティブとして何を使ったかといった情報を描きこんでもらう。

また、どこから描き始めるかに注目する。描き始める部分はデザイナーが形状の特徴であると判断しているためである。デッサンにおいては、形状を正確に描くことが要求されるが、本調査においては外形をどのようにとらえるかが重要であるため、細部にはこだわらずともよいこととした。また、同様に、アレンジしてもよいこととした。

(a) 電話子機（平面の集まり）



直方体の集まりとして描くのか、外形をとらえてから切断していくのかを観察する。描き始めはどこからか。細かいフィレットなどは描く必要はないと言っておく。

図-4.1-01 電話子機

(b) あざらし (単純な曲面、円柱状)

曲面としては単純な形である。デッサンをしっかりに行なう場合には、曲面の微妙な変化をとらえる必要があるが、ここでは形状をどのようにとらえるかが重要なため、微妙な変化は無視できるとした。目や鼻も描いてもらうので、細部をどのように描くかを観察する。面上線などをイメージしているなら描いてもらう。また、他のバリエーションなども欲しい。



図-4.1-02 あざらし

(c) おもちゃの車 (複雑な曲面)

複雑なのでどのように形をとらえているかを観察。面のつながり具合を見て描くようだが、どこから描き始めるかに注目する。



図-4.1-03 おもちゃの車

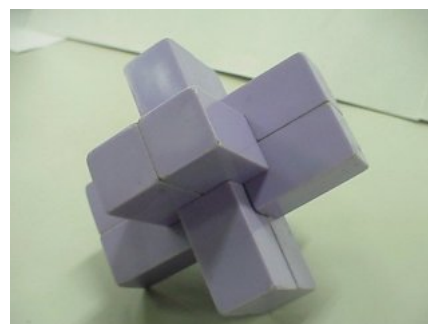
(d) 置き時計 (平面と曲面の複合体)

基本的には直方体の集まりだが、どのように曲面を付加していくのか。また、ボタンなどの付加要素はどう描いているか。



図-4.1-04 置き時計

(e) ブロック



直方体をいくつか交差させた立体。30秒から1分ほど見てもらって、見ずに描いてもらう。デッサンのときの形の描き方との違いを観察する。また、形のとらえ方についても分析対象とする。

図-4.1-05 ブロック

(f) 洗剤

なだらかな曲面を持つ柱体として用意した。断面形状を意識するかどうかの実験でもある。



図-4.1-06 洗剤

(g) ネコ

柱体その2



図-4.1-07 ネコ

(3) イメージスケッチ

ここでは頭の中にある形状をスケッチとして形にしてもらった。課題に関しては、平面で構成される形状および、曲面を有する形状の最低2つを描いてもらった。描画時間は10分から15分である。ご協力頂いた企業のそれぞれの課題は以下の通り（取材順）。

	平面で囲まれた形状	曲面を有する形状	その他
(株)日立製作所	一体型パソコン 携帯電話	掃除機	コーヒーメーカー 炊飯器

日産自動車(株)	箱型の車	丸い車	
ソニー(株)	一体型パソコン	いろいろ	
富士通(株)	POS システム	マウス	

表-4.1-01 各社における自由課題

(4) 質疑応答

質問事項は、デザイナーのスケッチ中に気がついた点があるときには、その場で回答してもらった。

以下に質問として用意したリストを示す。ただし、以下すべてについて明確な回答があったわけではない。

・形状把握と表現

- (a) 曲面をとらえるとき「見たいと思うビューから意図したように見えるようにキャラクターラインを作る」という意見があったが、他のビューからはどう見えるかも考えているのか。また、その整合性はいつ確認するのか。
- (b) 形をとらえるときに、立体をプリミティブに分解して理解することはあるか。その場合にはよく利用するプリミティブはあるか。
- (c) 丸みをどのように表現するか（陰影、面上線、断面線など）
- (d) 断面を描くことはあるか。また、スケッチを描くときに断面を意識して描くか。
- (e) ハイライトや陰影は描くか。
- (f) 回転体を利用することがあるか。
- (g) 補助線は利用するか（中心線、平行、面上線など）
- (h) 形状修正を行なう場合には描きなおすのか。元絵に修正を加えていくのか。

・スケッチの道具

- (a) スケッチのときに消しゴムは使うか（修正をどのように行なうか）。
- (b) 普段使っている道具について
- (c) なぜその道具を使っているのか

・3次元化について

- (a) 3次元形状として見るにはどうしているか（モックアップ等）。また、最初に見るのは（見ることができるようになるまで）スケッチを描いてどのくらいの期間があるのか。
- (b) 現在3次元CADを使っているか（使っているCAD）。
- (c) 3次元CADでしかできないことは？
- (d) 3次元CADでできないこと。
- (e) 3次元CADシステムへの要望、理想。

・その他

- (a) 3次元形状を早く見たいと思うか。
- (b) 開発スパンについて

4.1.2 スケッチ調査分析結果

本節では、スケッチ調査の分析結果について示す。まず始めに、本分析結果で用いる用語についてまとめる。分析結果本文については、その用語ですべて統一することとした。その次に、分析結果を示す。

(1) 用語の定義

分析にあたって用語の統一の必要があったので、以下のように定義を行なった。実際には同義で使われると思われる用語もあるが、スケッチで使われる線分を区別するために定義を行なっている。

(a) 外形線

主に立体の一番外側（アウトライン）やエッジ部分などの形状を決定する線分。影を作るラインとも言える。

(b) 内形線

立体の表面上におけるエッジを表す線。面と面の接続により発生する。

(c) 断面線

立体の断面形状を表す線であるが、立体上には存在しない線である。断面線は、不可視部分における線が含まれるため、デザインを行なう際には描かれることは少ない。業種によっては断面だけで立体デザインを行なう場合もある。

(d) 面上線

断面線は不可視部分についても描画するが、面上線は断面線のうち可視部分のみを指すものとする。すなわち、面上線は断面線の一部である。

(e) デザイン線

見た目は面上線であるが、パーツ同士の張り合わせにより発生する線であり、実在する線分である。内形線の一部とも考えられる。また、この線が面上線の代わりになり、曲面の形状を表す場合もある。

(f) 補助線

立体上には存在しない線であるが、第3者に理解させるために描かれる線。中心や対称であることを示す線がこれに相当し、立体の形状とは特に関係がない線である。形状を直接的に表現する面上線とは区別する。

(g) 下書き線

未決定の線分を描画する際に、初期段階のうちに描かれる線。したがって、スケッチに描かれる線分のうち、線の濃さは最も薄い部類となる。その後描かれる形状および線分のガイドラインになる。パースを決定したり、面上に配列される部品などの位置の目安にもなる。

(h) ラフスケッチ

自分でイメージを膨らませる場合におおまかな形状だけを描いていったもの。イメージが重要であり、線の勢いなどで形状を表す場合が多い。

(i) スケッチ

頭の中にある形状を紙の上に表現すること。はっきりと決まっていない形状を発想の展開により少しずつ具現化していく作業。特徴のある部分を誇張させて描く場合があるので、立体として正確であるとは限らない。形が決まってから形状を描画していく場合には、ある程度の丁寧さがある。

(j) デッサン

目の前にあるもの（立体）を紙に写し取ること。パースが狂ってはデッサンにならない。

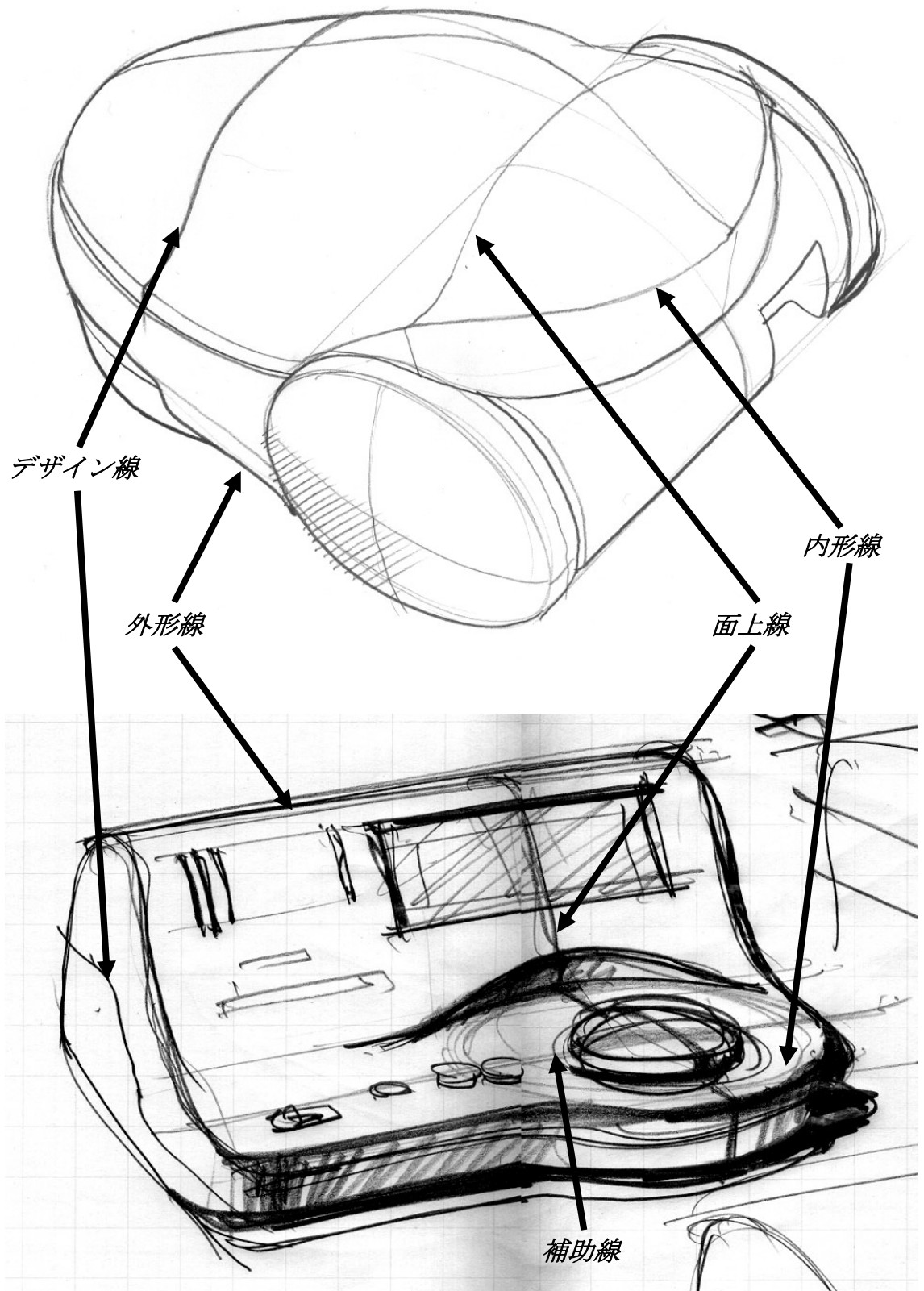


図-4.1-08 用語の定義

(2) スケッチに用いられる線について

(a) 線の濃さ

濃い順に並べると

- ・外形線
- ・内形線
- ・補助線
- ・下書き線

である。外形線と内形線は同じ濃さの場合もある。濃さは描いているうちに段々上がっていく。完成を意味する濃さは、初期の線と比べ、相対的にかなりの濃さとなる。

(b) 曲線の描き方

曲線は R の連続によって作られていることをイメージして描いている。

(c) スケッチの丁寧さの段階

スケッチの丁寧さは、目的に応じて数段階ある。ラフな順に並べると以下の通り。

- 1 自分で理解できればよい場合
- 2 デザイナー仲間で意志疎通ができればよい場合
- 3 第三者にプレゼンテーションが必要な場合

線を定規で清書することもある。また、定規を使った方がパースの確認がしやすい。

(3) スケッチに用いる道具について

(a) 消す

消しゴムはよほどのことがないと使わない。修正部分はさらに濃く描くことにより修正を表す。

自分用のスケッチの場合には消しゴムを使っている時間をもったいない。消すなら新しく描く。陰影づけを行なったときに、ハイライトの位置がどうしてもおかしい場合には消しゴムを使うことがある。

(b) 紙を回す

右ききの場合には左から右に線を描く方が描きやすい。それ以外の方向に線を描くことは難しいので、紙を回転させて描きやすい方向に整える。回転させることにより描きやすさは向上するが、パースがとりにくくなるのが欠点である。

(c) ビュー

スケッチを描くときには、もちろん形状をよく表す角度から描かれることが多い。それ以外では、キャラクターラインの走る方向と自分の得意な方向が一致するように描く。右ききと左ききでは得意なビューが違う。

(4) 基本形状の描き方

(a) すべてに共通の描き方

薄く下書きを行なう。ある程度形が決まるまではその濃さで描き続ける。また、地面を表すために、地面と接している面の線を太く描いたり影をつけたりすることがある。

(b) 直方体の描き方

薄く下書きをしながらパースを整える。その際には頂点からはみ出して描いた方がパースを整えやすい (図-4.1-09)。

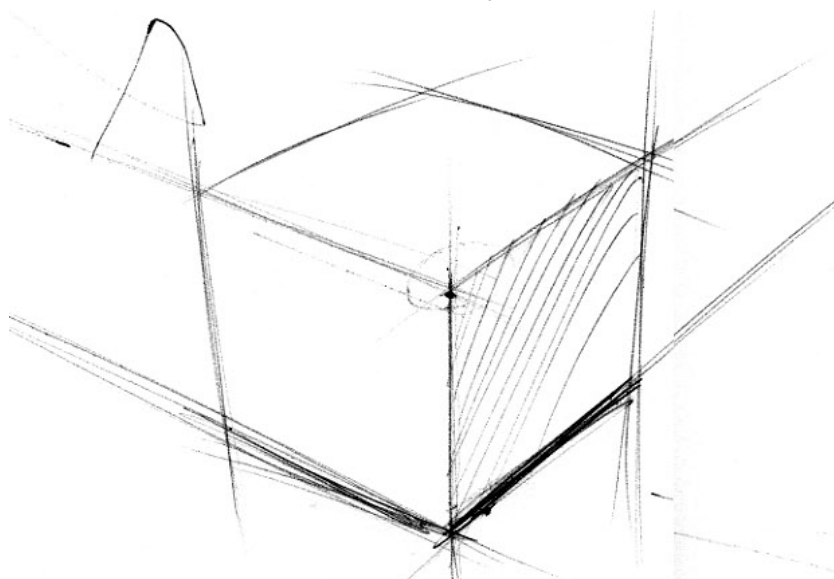


図-4.1-09 直方体の描画

発想用の形状の場合、バリエーションが命ともいえるので、パースが正しいかどうかは重要ではなくて雰囲気的重要である。明らかにおかしいパースは直す、そうでなければ特に直さない。

一部が丸みを帯びた形状の場合はいきなり描いてしまう。頭で簡単に想像できる範囲だからであろうか。その範囲は人の経験によるところが大きい。

(c) L字ブロック

まず直方体を描き、そのパースを基に削っていく方法と、2つに分割して考える方法、断面をスイープさせて作るという方法の3種類がある。断面をスイープさせて作るという方法は、パースが狂う確率が高くなる。その意味では、直方体から削ることの方がパースも狂わず合理的である。ただし、アイデアスケッチの段階ではこの限りではない。

描き始める部分は、その形状のどこが特徴になっているかを示す。そのL字が特徴となっている場合に最初に描かれる傾向がある(図-4.1-10)。本人は意識をしていないが、断面をスイープさせていることになる。

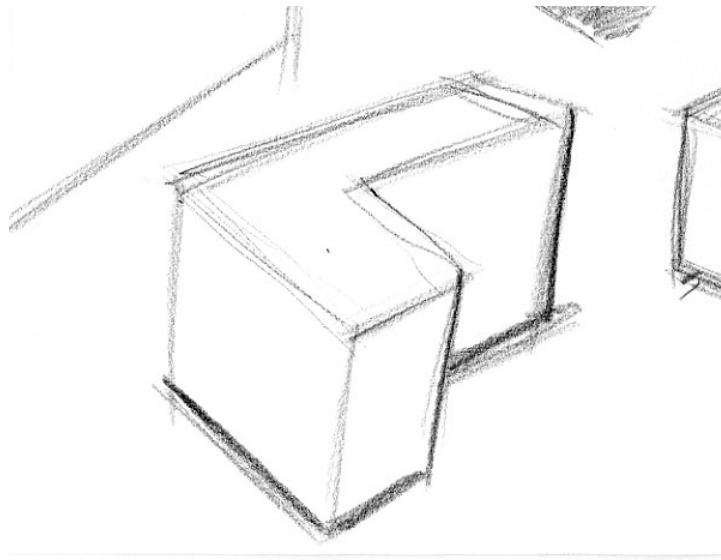


図-4.1-10 L字を最初に描いたスケッチ

多少複雑になっても、ある形状を組み合わせた形状であるというイメージを持っていれば、組み合わせさせた形状を最初から描いていくことができる。隠れ線をほとんど描かずに立体を描画できるのはそのような理由で可能となる。熟

練のデザイナーになればなるほど基本形状を通り越して直接のイメージを描くのは当然とも言える。図はコーヒーマーカーの例である。部品としては、直方体とスweepによる曲面の組み合わせである。左の線は、頭の中のイメージにあった直線と曲線であるが、紙上には曲線が直接描かれた(図-4.1-11)。

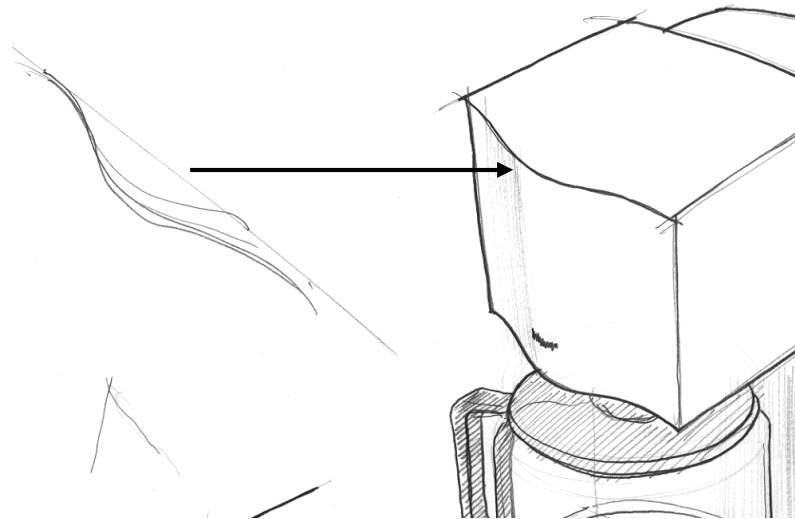


図 4.1-11 直接描かれる形状

(d) 円（楕円）の描き方

薄くぐるぐる描きながら形を補正していく。経験的に数回で意図した円に近付く。確定したら濃く円を清書する。図-4.1-12 は円を描いた例である。かなり多めに描いてあるが、円運動をしている間に、少しずつ意図した円に近づくように補正されるとのこと。形の正しさは経験によって覚えるものである。

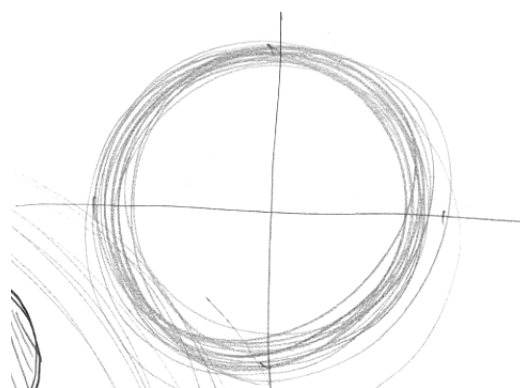


図-4.1-12 円の描画

(e) 円柱

パースによって円柱の下の楕円は上の楕円より正円に近くなる。人に見せる場合には中心線を描くこともある(図-4.1-13)。チューブのように曲がりくねっている場合には、中心線を描き、その中心線に沿って楕円をいくつか描き肉づけをするように本体を作る。

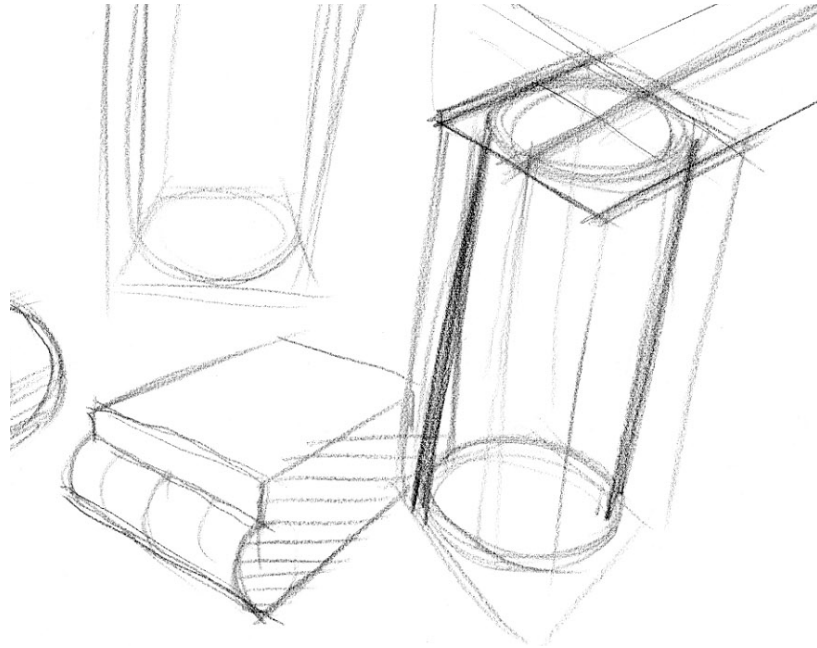


図-4.1-13 円柱のスケッチ

自分用に描く場合には簡単に楕円を描いて、直線 2 本に底面の円弧程度で十分。

(f) 円錐

パースが取りにくくなるので、底面を先に描く。また、形が崩れないように中心線を描くこともある(図 4.1-14)。

底面が見えている場合には、そこが特徴になるので底面から描く。底面が見えていない場合には稜線から描く。

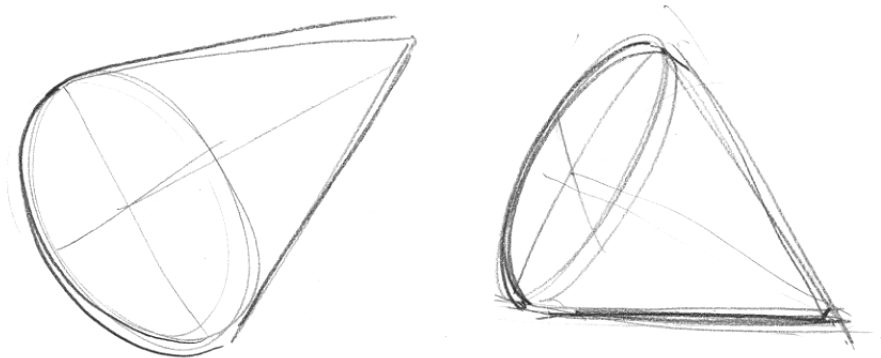


図-4.1-14 円錐の描画

(g) 球

円を描いてからその円の中に断面線（面上線）を描いたり、陰影による表現で形を見せる(図-4.1-15)。

球というと被験者全員が難色を示した。線画によるプリミティブとして利用することはあまりないので、デザイナーも慣れていないのではないだろうか。

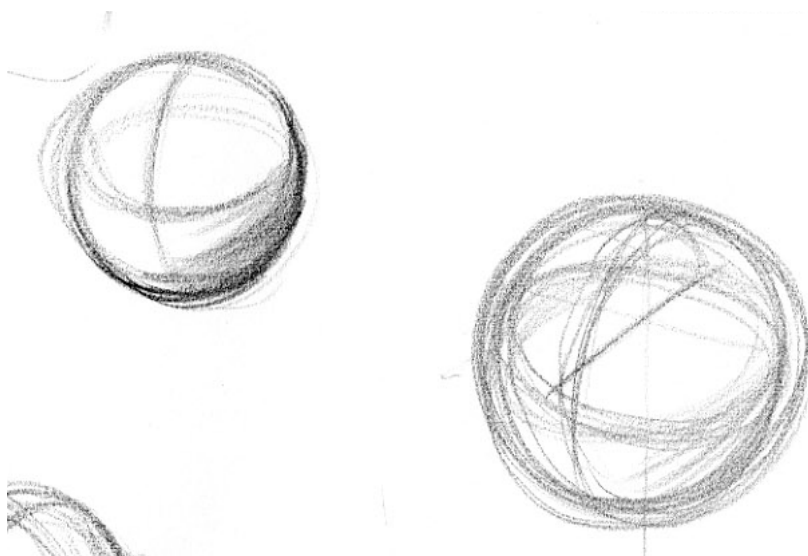


図-4.1-15 円の描画

(5) デッサンの描き方

(a) 正確さ

スケッチと違い、見たものを正確に描く必要がある。パースの変更などは行なわない。

(b) 複雑な形状

面の作りがとらえにくい場合には、稜線を追ったり面のつながりを見たりしながら描く。形状で置き換えるよりも、面の張り合わせで理解する。特徴となる面や分かりやすい面から描き始める(図-4.1-16)。

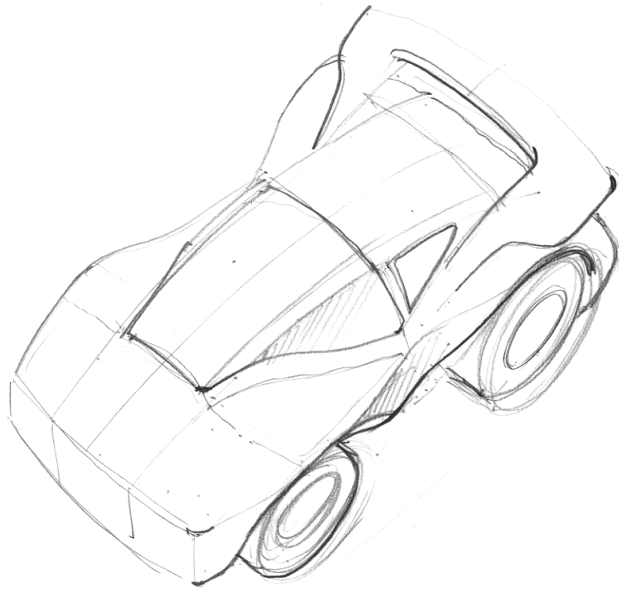


図-4.1-16 面の張り合わせによる描画

まず全体の外形をとらえて、その内部に面を作り、面の追加、厚みなどを追加していく。

注目するラインを決めて、そのラインから出る稜線を追う。

曲面が円柱などの一部になっているときで、面をどう伸ばしていくかが分かりにくいときには、円柱の一部を描いてガイドラインにすることがある。形状が分かりにくいときには基本に戻るのが定石であろう。

(c) 見ただるかたまり（プリミティブ）が想定できる形状

かたまりを直方体や、特徴となる面をスweepさせることによりできあがる多角形柱に置き換える。その柱体のパースをもとに細部を描き込む。

また、最初に描いたかたまりに付属する形状についても同様にかたまりを想定し、最初に描いたかたまりに接続する(図-4.1-17)。

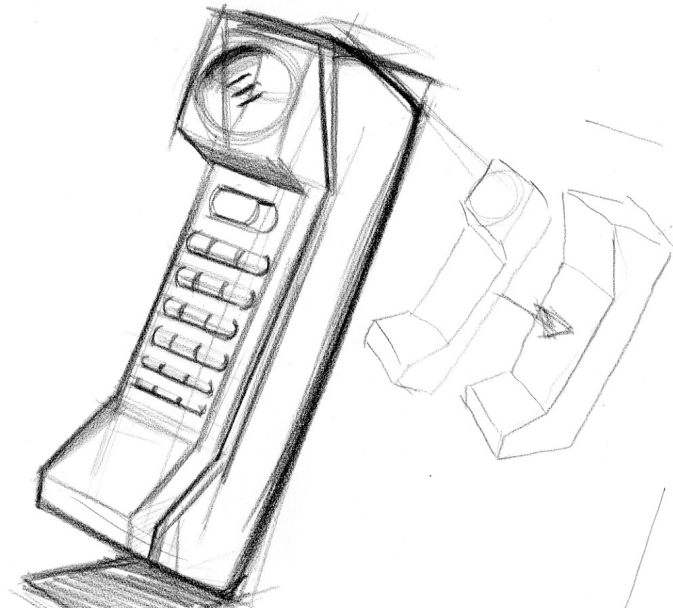


図-4.1-17 パーツに分解することによる形状の理解

(d) 見た目では丸い形状としてとらえられる形状

楕円などでおおまかに形状を描く。パースは楕円によって意識するが、パースが取りにくいことと、形として不整合さが分かりにくいので経験的なバランスでものを描いてしまう(図-4.1-18)。

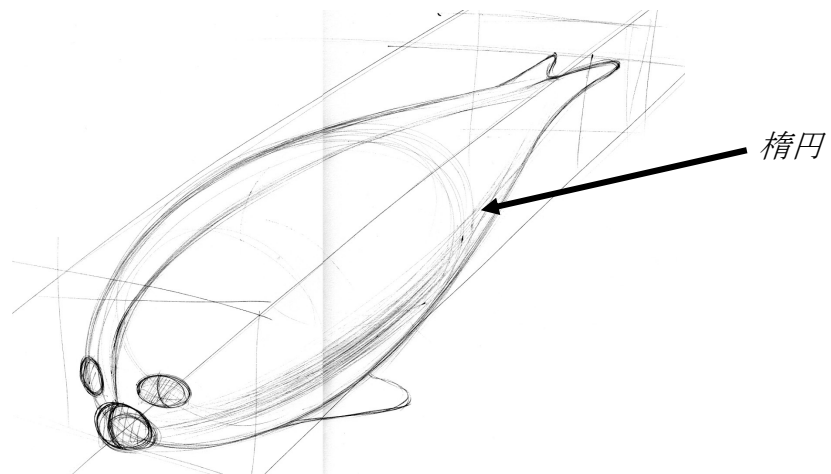


図-4.1-18 かたまりの描画によるバランス

また、複数の丸いかたまりによって構成されている場合には、かたまりの比率を意識しながら複数の楕円を描いていく。

(e) 記憶デッサン

入り組んだブロックを 30～60 秒ほど見せて、それを見ないで描いてもらった。その人が形をどうとらえるか、どのように形を理解しているかを問う課題である。

・立方体を描く

全体を覆う立方体を描き、その中に存在する柱を描いていく。この描き方だと全体のバランスが取りやすい。形をプリミティブに必ず置き換える考え方の典型ではないだろうか。

・稜線をとらえる

パーツとなる柱を 1 つ 1 つ描画していく描き方。基準となる柱を描き、その柱に隣接する柱を描く。形状を外形からとらえる方法である。描き始めるまでに時間がかかった。形を面の集まりとして理解するために、そのつながりなどの認識に時間がかかったと思われる。

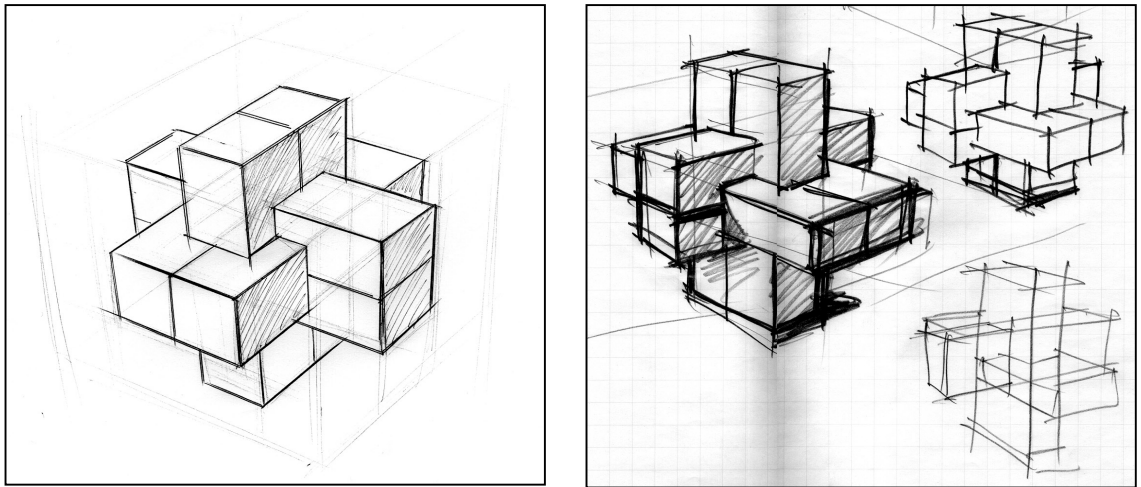


図-4.1-19 立方体からの切り出し（左）と、面の張り合わせによる組み立て（右）

(6) スケッチの描き方

(a) 誇張表現

特徴のある部分を誇張させて描く場合があるので、立体として正確であるとは限らない。また、正確である必要はない。パースをきつめに描くことにより誇張する。

(b) 描き始め

一番特徴のあるところを最初に描き始める。

パースの取りやすいパーツを最初に描く。

(c) 全体的に丸みを帯びた形状

常に頭の中に直方体がある。複雑な形状であってもそれらは全てその直方体の中にある形状としてイメージする。そのようにしてパースをとっていないと、描いている途中および描きあがったときに狂いが生じるため。これは訓練によってほとんど意識しなくても描けるようになる。

(d) 形

頭で形状を考えながら描いていくので、描き込みながら形状が変わっていく。

(e) 人による形のとらえ方の違い

実際に 3 次元 CAD を使っているデザイナーと、3 次元 CAD を使わない (2 次元 CAD を使った図面は製作する) デザイナーの間に「整合性」を考える時期の違いが見られた。早期から 3 次元 CAD を使用するデザイナーは、整合性を考える時期が早い。

また、調査サンプルが少ないが、早い段階から 3 次元 CAD を利用している人ほど立体をプリミティブに置き換えて形状をとらえる傾向が強く、3 次元 CAD を利用しない人ほど形を全体のイメージでとらえようとするように見えた。ここでいうイメージとは、デザインを行なう上でどのあたりを製品の特徴として出すかを試行錯誤した上で生まれてくる形状を表すライン (曲線、曲面) の集まりである。

これは、3 次元 CAD の考え方が自分のデザインスタイルの一部として染みついているのではないかという印象を強く受けた。これは 3 次元 CAD がデザイナーの思考過程の一部を作っていることになる。

(7) 形の表現手法

(a) 面上線

形がとらえにくい形状、面の流れが分かりにくい形状といった複雑な形状の場合には面上線を引いて第 3 者が理解しやすいようにする。

(b) 断面線

見えない線であっても、形状が平らであったり丸かったりというのを明示したい場合には断面線を描いて表現する。

(c) 補助線

ボタンが一行に並んでいたりする場合に、「このラインに乗っている」という線を補助線として描く。デザイン上の意味はない。

(d) 影

立体同士の前後関係を分かりやすくするために描く。

(e) 遠近感

手前を強く描くことにより遠近感を出す。

(f) 最初からキャラクターラインに注目

見せたいラインが重要であると考え、その場合には、気になるラインから描き始め、そのラインの属する面を完成させる。その次にその面に接続している面を描いていく。稜線を追って形状を構成していくようにも見えた。

(8) CAD の利用状況と必要性

(a) 必要

模型を簡単に作ることでできない鉄道や医療機器などの大きなもののデザインを行なう場合には必要である。模型を作るよりも早く立体形状の確認が可能である。部品の干渉や大きさの制限を自動的に判定してくれるのが良い。

大きなもの場合には、3次元 CAD で立体生成を行なった後にモックアップを作成する。

(b) 不要

図面を作るのに2次元 CAD を利用するが、3次元 CAD は利用しない。

入力方法に癖があるため、使い方が分かるまで時間がかかることや、ソフトにより曲面の生成法にも癖があり、同じような曲面が生成されるという問題点があるので利用には積極的ではない。同じ理由で、曲面を見ると、どのソフトを利用したか分かってしまうこともある。

(c) 長所もあり短所もある

矛盾のある形状は入力できないので、あらかじめきちんと形状をデータとして作っておかなければならない。

特に曲面を含んだスケッチの場合に嘘が描かれている場合がある。しかし、絵として見ることであればよいので、形状を確認するという目的の上では問題はない。

モックアップの場合には、よく分からない部分は指でならしてしまえば良いので整合性は問題にならない。

(d) デザイン時には不要

現在ある 3 次元 CAD をデザインの最初から使うと、CAD の制約によってデザインの発想が妨げられる。また、CAD の特性により曲面の張り方が均一であるために自由な形状、独創性のある形状ができない。熟練者が見れば、どの CAD システムを利用して生成した曲面か分かってしまうほどである。CAD がデザイナーの限界や発想を決めてしまうのでは利用する意味がない。

(e) 難しい

複雑な面の集まりを曲面として表現するのは難しい。意図した形状を作るのに多くの時間を要する。

(f) 断面

断面をつなげて立体を生成する CAD ソフトがあるが、実際にはそのような作成方法は取らない。

(g) CAD として必要な機能

3 次元 CAD を利用するからには、そのまま金型が生成できるほどの能力を要求される。インタフェースとしてではなくて、CAD としての問題になるが、肉厚を含めた内部干渉がきちんとできるような 3 次元 CAD でなくては使えない。

4.2 スケッチによる形状入力

本節では、4.1 節で得られた分析結果をもとに、スケッチ入力のコンピュータへの実装手法について検討を行なう。

4.2.1 スケッチインタプリタシステムによる形状入力

新しい形状入力インタフェースは、デザイナーの思考をできるだけ妨げずに利用が可能な必要があり、なおかつコンピュータを利用することの利点があることが望ましい。

従来の形状入力インタフェースは、直感的でないことや、試行錯誤がやりにくいことがデザイナーに受け入れられない理由として挙げられる。拘束条件と履歴を利用したフィーチャ・パラメトリック主体のインタフェースでは、意図した形状を作るために熟練を要する。

そこで、スケッチに近い図形入力インタフェースとして、逐次清書法[1]が提案された。逐次清書法は、コンピュータの図形入力において、重ね書きを許すことにより曖昧さを導入し、試行錯誤を可能にするというコンセプトを持つ手法である。この逐次清書法を入力インタフェースとして実装しているのがスケッチインタプリタシステム[2]である。

スケッチインタプリタシステムではスタイラスペンで形状を直接入力でき、パラメータや拘束条件を入力する必要のないシステムであるため、従来の入力インタフェースよりも平易に形状入力を行なうことができるのが特長である(図-4.2-01)。

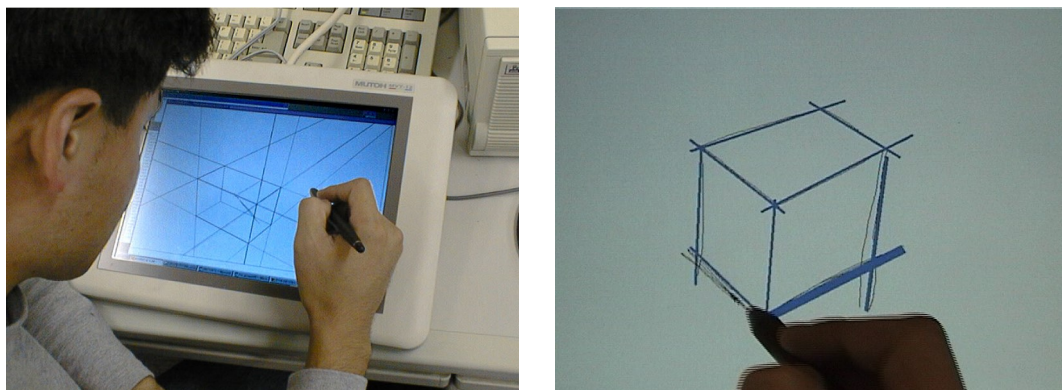


図-4.2-01 スケッチインタプリタシステム使用例

スケッチインタプリタシステムは、従来の 3 次元形状入力システムに比べ、

- ・直接入力が可能
- ・数値入力を必要としない
- ・曖昧な線分の入力が可能
- ・試行錯誤が可能

という特長を持っており、これが従来の形状入力インタフェースよりスケッチに近いとする理由である。

さらに、

- ・過去に描いた線分の再利用
- ・筆圧による描画線の制御

といった要素を加えることにより、表現力を高めることができる。

4.2.2 モードレスな入力

デザイナーが 3 次元 CAD を利用する場合、その思考を妨げるのが、いわゆる「モード」である。そのモードを行ったり来たりすることにより最終の形状に近づいていく。モードは必ずしもトップダウンではなく、並列的に利用される。

例えば、頭の中にある 3 次元形状を表現するために、いくつかのプリミティブを演算したり、曲面のパラメータを操作したりしなければならない。3 次元 CAD の入力インタフェースは、トップダウン的な設計になっているため、過去の任意の位置からやり直すことは困難である。また、デザイナーにとっては、形状がどのように作られているかは考えるべきところではなく、ラフでもよいから頭にある形状を 3 次元できればよいのである。

ここで、コンピュータを利用することによる利点は、履歴が全て記録でき、完全にもとの状態に戻すことが可能なことである。現在の 3 次元 CAD では履歴操作に、REDO/UNDO などが実装されている。しかし、単に元に戻るだけでなく、過去の状態への行き来や分岐に関する履歴を自由に引き出したりできるような機構があれば、デザイナーの発想支援になるものと考えられる。そのためには、スケッチに含まれる情報を分析し、効果的に格納するための内部データ構造の提案が不可欠である。

スケッチに含まれる情報には、直接形状を表す線と間接的に形状を表す線がある。(a)外形線、(b)内形線、(c)補助線、(d)下書き線と分類した場合の(a)(b)が前者、(c)(d)が後者に相当する。スケッチに使われる線分は、その濃さによって使い分けられている。したがって、スケッチに描かれる線分に関しても「モード」が存在することになる。デザイナーはモードを無意識で切り替えているのである。このモードも、使われる順番が必ずしも一定ではない。例えば、清書の対象となる(a)、(b)が入力されたことを筆圧によって自動的に判別することにより、清書モードの自動切り替えを実現できる。

4.2.3 コンピュータ上における作業支援

「紙の上でできないが、コンピュータ上でなら可能」であることがデザイナーにコンピュータを受け入れてもらえる理由の一つになるであろうことは想像に難くない。しかし、デザイン分野においては、紙の上ではできるのにコンピュータ上では実現されていなかったり、同様なことをしようとするとデザイナーの感性に合わないのが実情である。また、デザイン支援ツールとして、デザイナーの思考に追いつくフィードバックの速度も不可欠な要素である。

上記の点を踏まえ、まず、紙の上で可能であるにも関わらずコンピュータ上で実現されていない項目を調査し、また、コンピュータ上でしかできないことを整理する必要がある。

(a) 筆の勢いを残したままの形状入力

スケッチにおいては、線の勢いが形状を表すことが多い。人にとって分かりやすく、コンピュータには分からない部分である。従来のコンピュータへの入力インタフェースでは、画面上にきれいに描くことが主流であったが、最近では手書き風レンダリングなどが研究されるようになってきた。画面上には勢いのある線を残しながら、内部的には清書された線分を保持することにより、整合性を保ちながら筆の勢いを生かすことができる。

(b) キャンバスの回転

手書きにおいては、描きやすい方向が必ず存在し、その逆方向には描きにくい。したがって、意図している線分が描きやすい方向になるように紙を回転させるのは、スケッチにおける「描画の効率化」「描画の正確さ」を支援する手法

である。また、キャンバスが回転することにより、パースの狂いが生じやすくなることが指摘されているが、パース補正はコンピュータが自動的に行なえばよい。

(c) パースの自動判別および補正

デザイナーは紙上に空間を設定し、無意識のうちにその空間内にパースにしたがったスケッチを描いている。そのパースが正確であれば、コンピュータへデータを渡しやすい。また、パースの補正などはコンピュータによる支援が可能な分野である。

絵からパースの読み取れる形状と読み取れない形状があるが、平面で囲まれた立体や直方体が存在するならば、3点透視図として認識が可能である。消失点が求まったなら、消失点方向へのガイドラインを引くことが可能であるし、ガイドライン方向への歪みの補正は自動的に行なうことができる。

(d) 履歴情報のブラウジングと部分的な再利用

デザイナーは製品に対する自身のデータベースを持っている。すなわち、掃除機であればこのようなイメージで、マウスといえばあのようなイメージで、といったように、イメージで物を理解している。発想とは、まったく新しい形状であることもあり、今までにあったイメージの組み合わせの場合もある。さまざまな形状の履歴情報を自由にブラウジングすることにより、あらたな発想の手助けとなる可能性がある。

4.2.4 断面線による形状入力

ラフな3次元形状を生成するという観点から、概形を断面で入力することにより、おおまかな3次元形状を生成する手法が松瀬ら[3]により提案されている。曲面生成には細分割曲面[4]を用いており、制御立体を生成することにより、容易に曲面を有する形状が生成できる。図-4.2-02は化粧品の瓶を生成した例である。左図が元となる形状であり、右図の立体を生成するために5つの断面が入力されている。

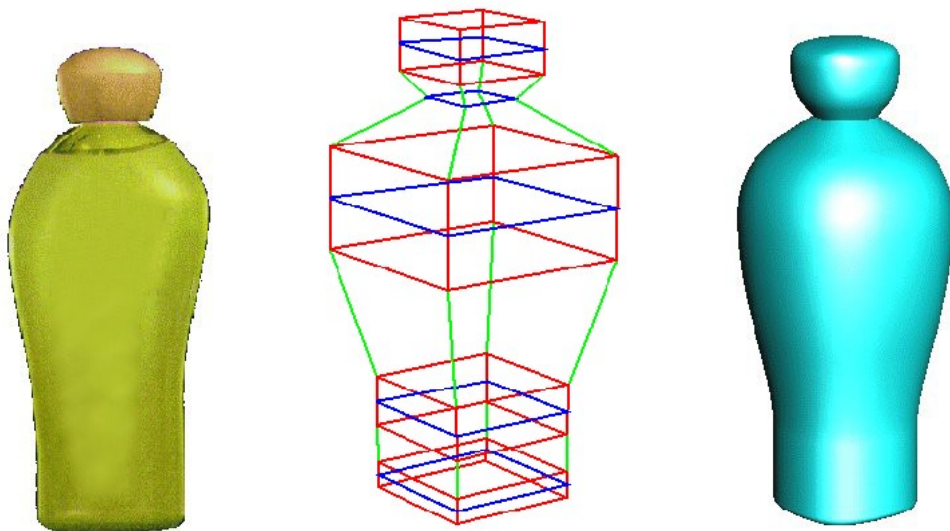


図-4.2-02 断面接続による化粧瓶の生成

また、断面線入力には、従来あるような **B-Spline** の制御点を操作するインタフェースではなく、閉曲線を手書きで入力し、そのままの形状を断面として入力することが可能なインタフェースも提案している。図-4.2-03 左図は断面入力の様子を示す図であり、右図は、2 断面の入力により生成された制御立体を用いて、細分割曲面により曲面を自動生成した結果である。

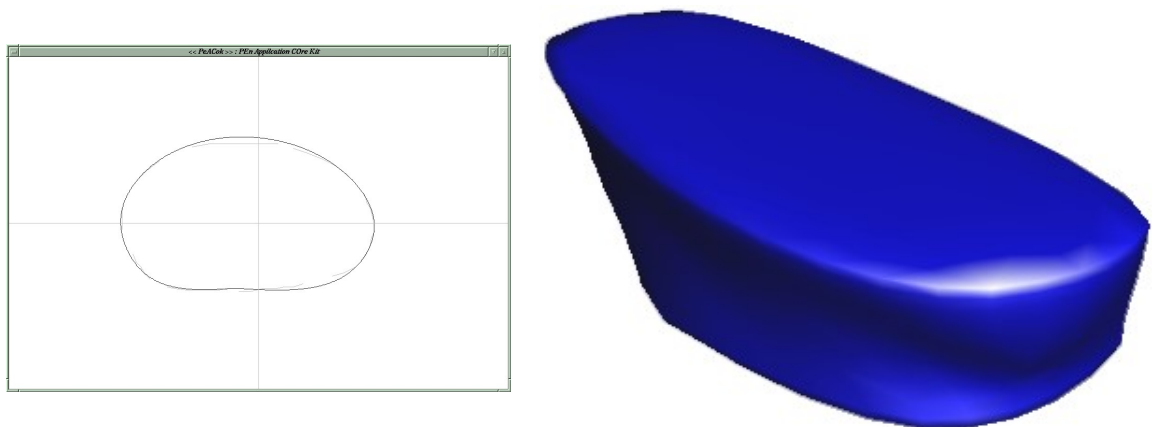


図-4.2-03 手書き曲線を用いた断面による形状入力インタフェース

4.2.5 特徴線・面上線を利用した形状入力

スケッチにおいて、特徴線とともに曲面表現に共通して利用されるのが面上線である。面上線は、立体上の線ではないが、デザイナー自身が面の流れを確認するため、また、第3者に形状の伝達を正確に行なうために描かれることが多い。デザインにおいて重要視されるのは特徴線（キャラクターライン）であるが、3次元形状を生成するにあたって面上線は情報源として有用である。面上線は、形状の断面を直接的に表しており、形状によっては直交している（図-4.2-04）。

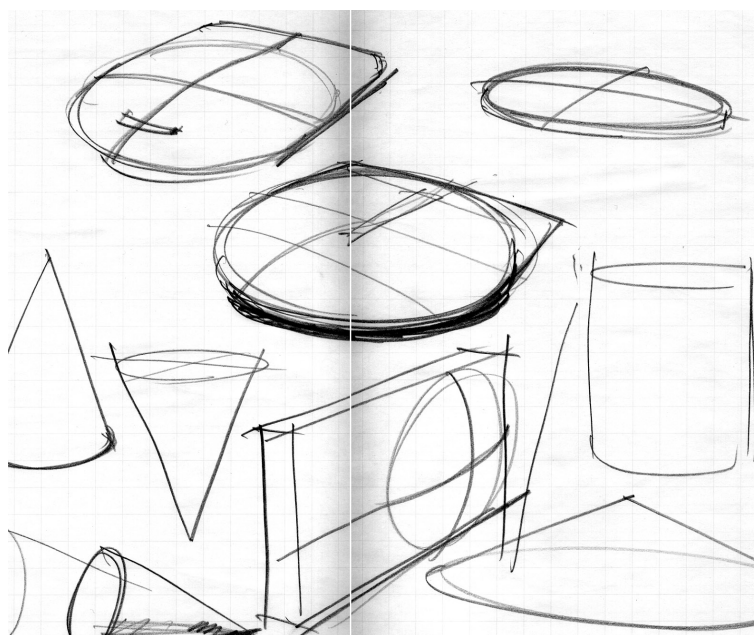


図-4.2-04 直交した面上線による曲面表現

そういった特徴線・面上線を利用した直接入力による形状入力手法が小森ら[5]によって提案されている。図は手書きによるフィレット面の付与の例である。

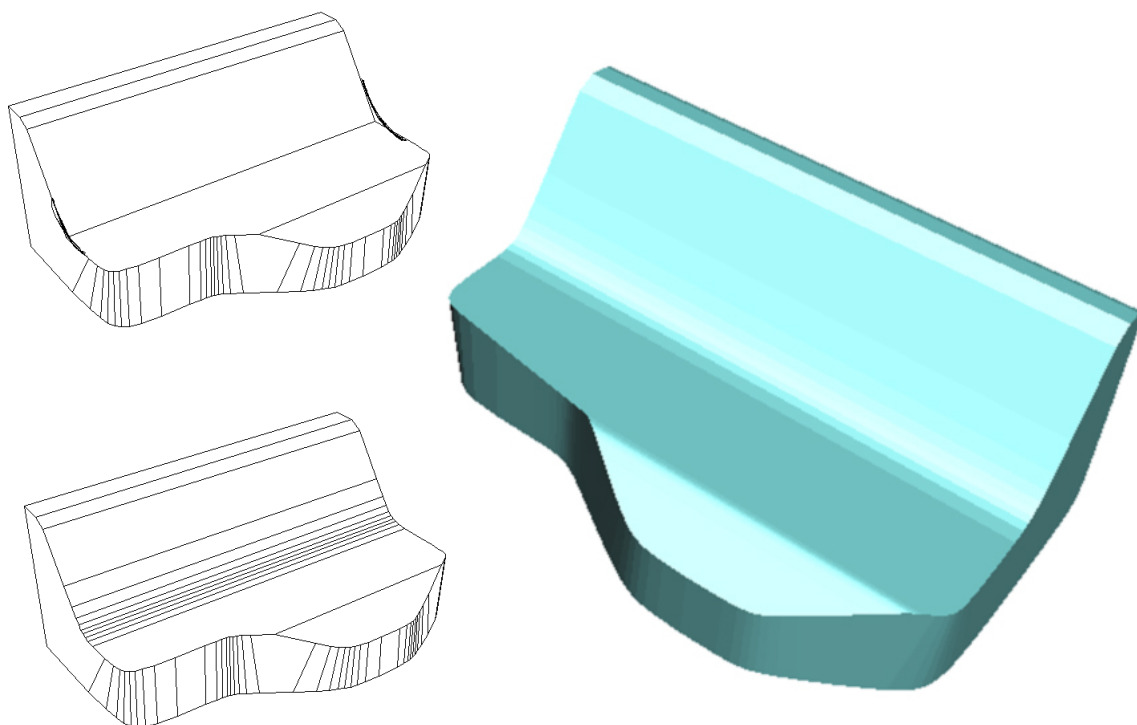


図-4.2-05 特徴線描画によるフィレット付与

3次元形状に対し、直接フィレットの形状を入力することにより、フィレットの付与を自動的行なうことができる。右図はスムーズシェーディングをかけたものである。

図は面上線を用いた曲面生成の例である。盛り上がり付与する面に対し、直接面上線を描画することにより立体の変形を行なう。スムーズシェーディングを行なった結果が右図である。

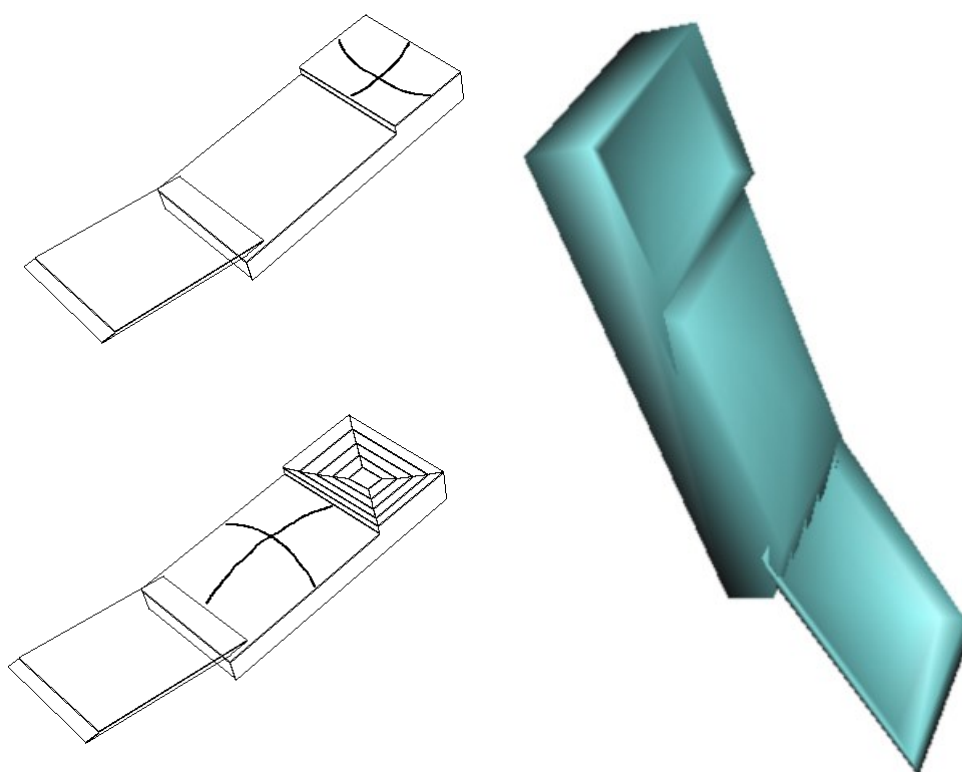


図-4.2-06 面上線による曲面の表現

参考文献:

- [1] 松田 浩一,近藤 邦雄: “3次元形状入力のためのスケッチインタプリタシステム” ,第14回 NICOGRAPH/MULTIMEDIA 論文集 pp.17-26,(1998)
- [2] 松田 浩一,近藤 邦雄: “手書き図形入力のための時系列情報を利用した逐次清書法” ,情報処理学会ヒューマンインタフェース特集号,(1999)
- [3] 松瀬 知成,近藤 邦雄: “断面線入力による曲面形状生成” ,埼玉大学工学部情報システム工学科卒業論文 ICS-99B-37,(1999)
- [4] D.Doo, M.Sabin: “A behaviour of recursive subdivision surfaces near extraordinary points” ,CAD 10 pp.356-360,(1978)
- [5] 小森 望,近藤 邦雄: “手書き入力による3次元形状操作のためのインタフェース” ,埼玉大学理工学研究科情報工学専攻修士論文 ICS-99M-06,(1999)

第 5 章 3 次元形状入力のためのスケッチインタプリタシステム

5.1 概要

ここではペン入力を用いた直接入力による 3 次元形状生成システムについて述べる。本システムは、スケッチ感覚の 3 次元形状入力を可能にするシステムである。

スケッチによる形状表現では曖昧さや歪みが含まれていてもイメージとして合っていれば良いため、3 次元形状としてあり得ない場合もある。また、稜線の不明瞭さや奥行き情報の欠落のため、スケッチそのままを 3 次元形状として復元することは困難である。そこで、手書きによる曖昧さや歪みを対話処理で補正しながら形状を決定する対話型形状入力システムとしてスケッチインタプリタシステムを開発した。本システムは 3 つの機能から構成される。

- (1) スケッチで用いられる線分の重ね書きによる形状入力を、コンピュータ上で可能にする逐次清書法。
- (2) 視点推定法を利用した手書きによる透視図のための補正機能。
- (3) 切断平面のスケッチによる立体切断と部分削除機能。

以上の機能をまとめたスケッチインタプリタシステムにより、手書きによる曖昧さを持った入力が可能となり、試行錯誤による 3 次元形状の形状生成が可能となった。

5.2 スケッチシステムの目的と形状入力 of 課題

プロトタイプシステム作成にあたっては、コンピュータを用いたペン入力によるスケッチ感覚のデザインを可能にし、製品デザインの初期段階から利用できるようにすることを目標とする。

デザイナーが形状をイメージするときには頭の中に 3 次元形状がある。頭の中にあるイメージは直接はっきりとした形として表すことができないため、概形を描き、徐々にスケッチを具体化していくことが一般的に行なわれている。このスケッチによる描画は発想の段階で多く用いられる。そこでコンピュータにおける形状入力において、このスケッチによる思考過程を取り入れた、デザイナー自身が試行錯誤できる入力インタフェースが望まれている。

まずはじめに、CAD システムの入力インタフェースの課題を明らかにする。従来手作業で行なわれていたデザイン工程に設計業務支援システムとして CAD の導入が進み、形状の作り込み・シミュレーション作業にコンピュータを用いることが多くなった。しかし、既存の CAD システムにおける形状入力は、基本形状の論理演算や制御点操作などの限られた作業を繰り返し行なう手法が主流である。

これらのシステムでは平面に対して断面の座標点を入力し、制御点やサイズなどを変化させることにより任意の形状を得ることができる。

しかし、コンピュータによる形状の表現能力は向上したが、形状生成時には得意な組合せを利用することが多く、また、面の張り方にも法則があるため、同じような印象の形状ができてしまうことが指摘されている。以上のように、従来の入力インタフェースは数値入力による形状修正が必要であり、直感的な試行錯誤の可能な入力インタフェースとは言えない。

次に、手書き入力の課題について示す。手書き入力は、清書に関する研究と、形状入力に関する研究に分けられる。前者には、描かれた曲線の清書を行なう研究、図形の幾何形状をファジー理論を用いて図形を補正する研究、平行や垂直といった幾何的要素をもとに次に描かれるであろう線を予測し効率良く描画する研究などがある。また、後者は手書き図形を 3 次元立体として認識する手法、手書きによる 3 次元空間内への描画インタフェースの考案、ペンによる 3 次元形状の直接変形操作をおこなうことのできる手法も提案されている。

しかしこれらの手書き入力に関する研究では、処理を行なう対象が1本の線分に限定されていることや、イメージした形状や線分が生成される過程という要素がなく、特に修正により形状を意図に近づけていく試行錯誤が行なえないという欠点がある。したがって、ペンを用いることによる長所を生かした形状入力作業を支援するインタフェースが必要である。

そこで、スケッチの描画手法をコンピュータへの入力として扱うことが可能な3次元形状入力のためのスケッチインタプリタシステムを提案する。ここで提案するスケッチインタプリタシステムは、手書きによる曖昧さや歪みをコンピュータとの対話処理で補正しながら形状を決定する、対話型の形状入力システムである。

5.3 システム概要

ここで提案するスケッチインタプリタシステムはデザイナーとコンピュータのインタフェースとして投影図を用いる。デザイナーは投影面上で線図として入力を行なう。本システムはこの線図をコンピュータに解釈させ3次元形状に対して処理を行ない、さらに3次元情報をデザイナーに見えるようにするための通訳の役割を果たす。

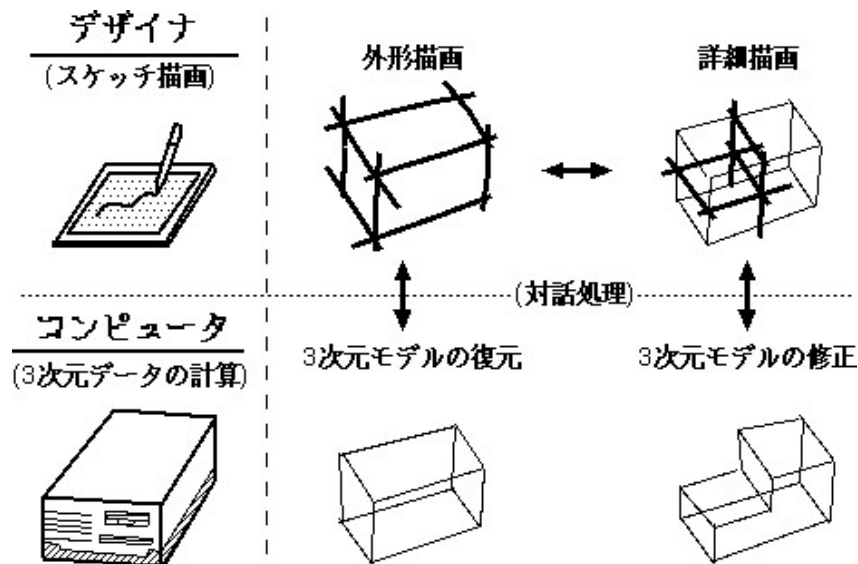


図-5.3-01 スケッチインタプリタシステムの概要

デザイナーはペンを用いてスケッチを描き、システムは計算結果を画像としてデザイナーにフィードバックする。そしてデザイナーは処理結果に対して修正を行なうことにより、対話処理を行なうことができる。

本システムは、大きく分けて以下の3つの機能を持つ。

(1) 逐次清書法によるスケッチ感覚での直線・曲線描画

逐次清書法は、スケッチでよく見られる線分の重ね書きをコンピュータに実装するための手法である。重ね書きによる描画はデザイナーにとって分かりやすい描画手法であるが、コンピュータが図形として処理を行なうことは困難である。逐次清書法では、リアルタイムに芯線抽出を行ない、コンピュータで処理を行なうことを容易にする。さらに、抽出された芯線に対して直接加筆や修正を行なうことが可能である。

(2) 視点推定法を利用した、手書きによる透視図のための補正機能

近藤らによって提案された手書きスケッチを用いた視点推定法と3次元形状復元法を利用し、入力した立体の視点や消失点を自動的に算出する。視点推定のためには正確な透視図であることが必要であるため、本システムではスケッチで描かれた歪んでいる直方体を自動的に補正する機能を持つ。

(3) 切断平面のスケッチによる立体切断と部分削除機能

切断面のスケッチにより立体に切断面を直接入力し、立体の切断を行う機能である。この切断面の入力においても逐次清書法が適用されている。数度の切断の後、不要部分の頂点を選択することにより部分削除が可能である。

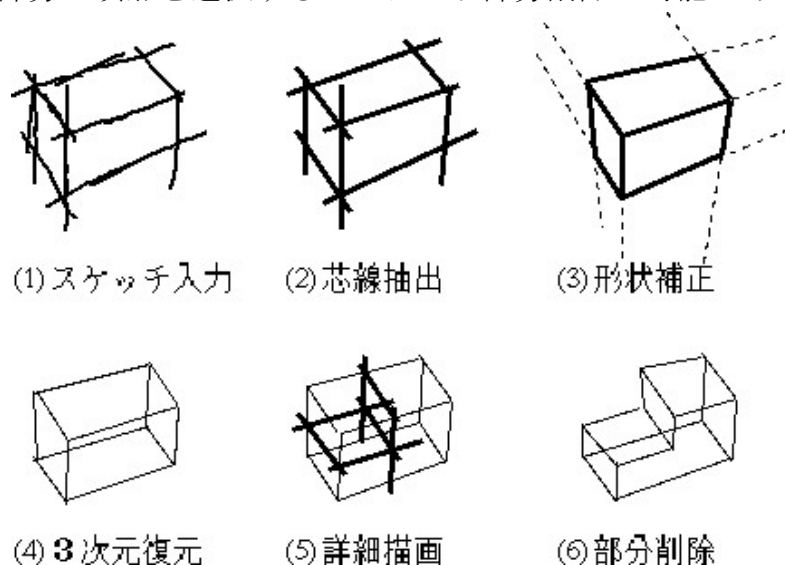


図-5.3-02 スケッチインタプリタシステムによる作業の流れ

また、本システムでは以下の流れで形状生成を行なう。

- (1) ペンを用いて外形線の入力
- (2) 逐次清書法による芯線抽出
- (3) 透視図として正しくなるような補正
- (4) 視点推定法を用いた3次元形状への復元
- (5) 外形に対する切断面のスケッチ
- (6) 切断による不要部分の削除
- (7) より複雑な立体にするために手順5、6を繰り返す

5.4 逐次清書法によるスケッチ入力

5.4.1 逐次清書法の概要

一般にスケッチは図面に描くような詳細で正確な図ではなく、線分の集まりにより稜線・頂点は表されている。図はデザイナーの描いたスケッチの例である。スケッチによる作画は、図の形がはっきり決まっていない状態で何本もの線を描くことによってアイデアを固めていく。

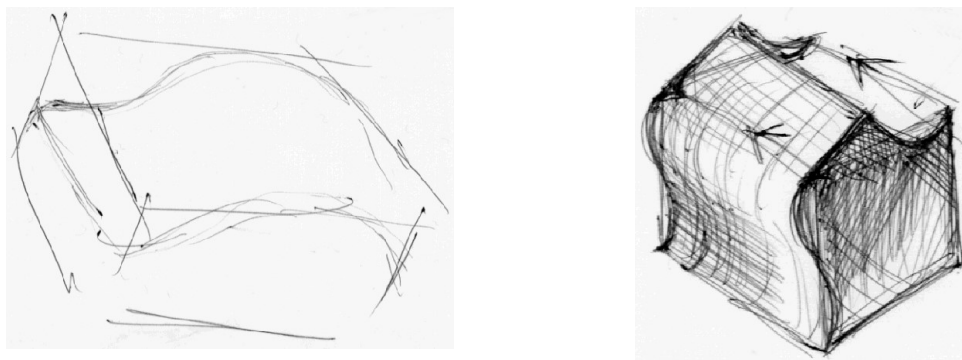


図-5.4-01 スケッチの例

逐次清書法は、重ね書きによる線群から動的に芯線を求め、さらにその結果に対して直接修正を行う手法である。本手法では、決められた時間内に描画作業が行なわれない場合に、その時間を思考時間とみなし、線群からの芯線抽出を自動的に行なう。

図-5.4-02に概念図を示す。図-5.4-02は直線入力の例であるが、曲線入力に関しても同様に思考時間中に自動処理を行なう。図-5.4-02(1)は入力線群を示し、図-5.4-02(2)は、複数本あった線分から新たな芯線が抽出された状態を示す。

実線は抽出結果を表し、破線は抽出前の入力線群を表している。図-5.4-02(3)は図(2)で抽出された線分（図中の細線）に対し、直接修正線分を描画した（図中の太線）図であり、図-5.4-02(4)は、修正線分からさらに抽出した結果を示している。

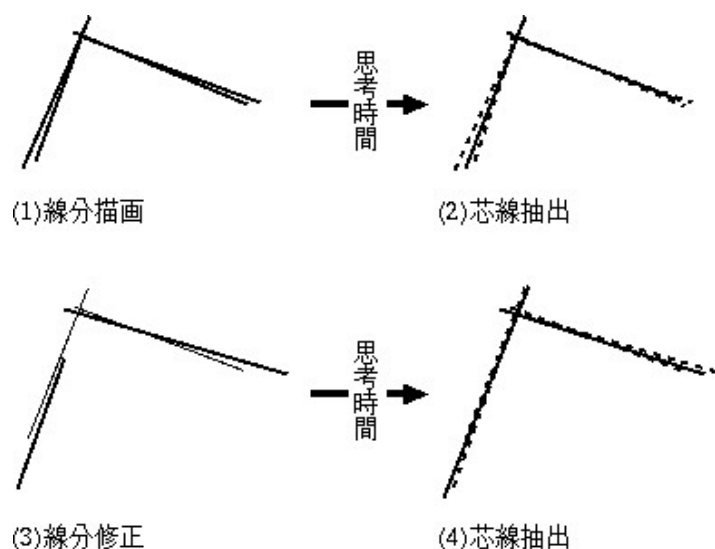


図-5.4-02 逐次清書法の概念図

現在提案している逐次清書法では直線と曲線の抽出方法が異なる。そこで本スケッチシステムでは直線・曲線入力の自動判別は行なわず、直線・曲線の選択をユーザが指定する。次に直線・曲線それぞれの芯線抽出手法について述べる。

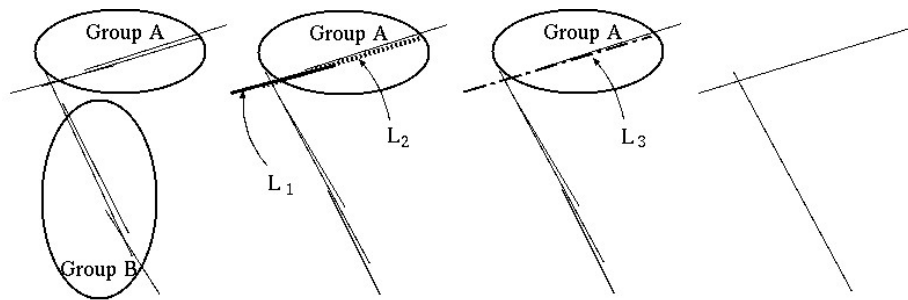
5.4.2 逐次清書法における直線抽出

ここでは線分同士を混ぜ合わせるにより新たな線分を生成する線分混合法について述べる。任意の 2 線分について、(1)角度が近い(2)線分間の距離が近いという 2 条件を満たす場合を同一線分と定義する。角度の近い線分とは、線分の水平線からの角度を調べたときの角度の差が閾値より小さいこととし、線分間の距離が近いとは、一方の線分の中点と他方の線分との距離の値が閾値より小さいこととする。

直線抽出アルゴリズムは以下の通りである。

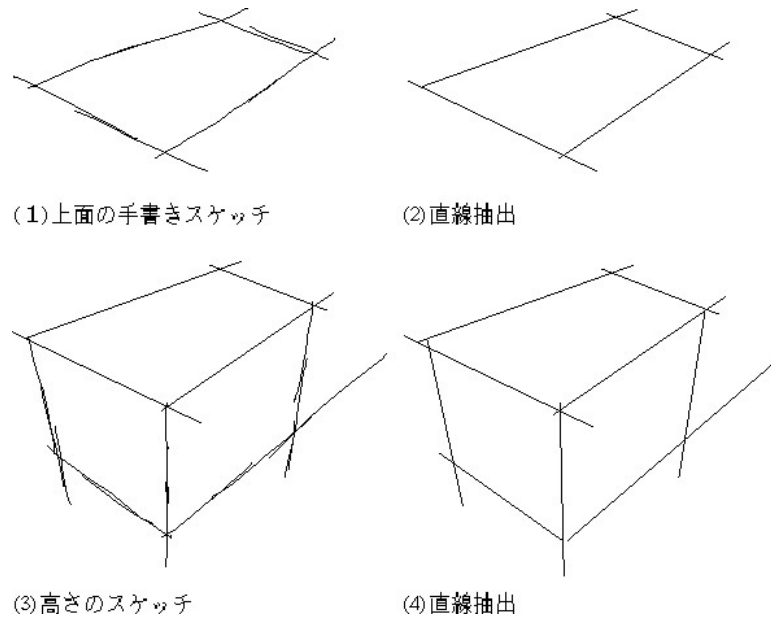
- (1) 前述の定義に従い、角度・距離により線分をグループ分けする（図-5.4-03(1)）

- (2) グループ内で描かれた順に 2 本を取り出す (図-5.4-03(2))
- (3) L1、L2 の角度の平均および後に描かれた線分 L2 の中点を用いて線分を生成する (図-5.4-03(3))
- (4) グループ内に未処理の線分がある場合、(3)で生成された線分を L1、次に取り出した線分を L2 とし、(3)を実行する
- (5) 全てのグループに対して(2)~(4)を行なう。



(1)グループ分け (2)二線分の選択 (3)新線分の算出 (4)抽出結果
 図-5.4-03 芯線抽出手順

描き手はスケッチに描き足していくことによりイメージに近づけていこうとする、という考えに基づき、本アルゴリズムでは、後に描かれる線分の比重を高くするために描いた順に逐次に線分を求めている。



(1)上面の手書きスケッチ (2)直線抽出
 (3)高さのスケッチ (4)直線抽出
 図-5.4-04 逐次清書法による直線描画

図-5.4-04 に直線入力を利用した直方体スケッチの入力例を示す。図-5.4-04(1)はスケッチを示す。図-5.4-04(2)では逐次清書法により自動的に芯線が抽出されている。図-5.4-04(3)では、清書図形に対し、さらにスケッチを続けた結果を示している。

5.4.3 逐次清書法における曲線抽出

曲線の描画においても直線と同様に1本で表されることは少ない。特に曲線の場合は、描き始める位置や方向が一定でなく、描き足すなどの様々な描画が考えられ、単に入力順に制御点を結合し自由曲線を生成しても意図通りに生成されないことが多い。そこで本節では入力曲線に関し逐次に制御点を再構成する特徴点結合法について述べる。本手法は重ね書きにより得られた複数線分から曲線の制御点候補を選び出す手法であり、曲線の描画・修正を容易にする手法である。

(1) 特徴点選択

ここでは入力線群から得られた制御点候補となる点を特徴点と呼ぶ。その特徴点を線分単位で抽出し(図-5.4-05)、それらを結合することにより求める曲線の制御点とする。一般に重ね書きにより入力される線分は複雑な形状をもたないため、端点間を結んだ直線から最も遠い1点を選び、端点を含めて特徴点とする。端点から最大距離を持つ点を選択する理由は、概形を崩さずに特徴点を選択するためである。

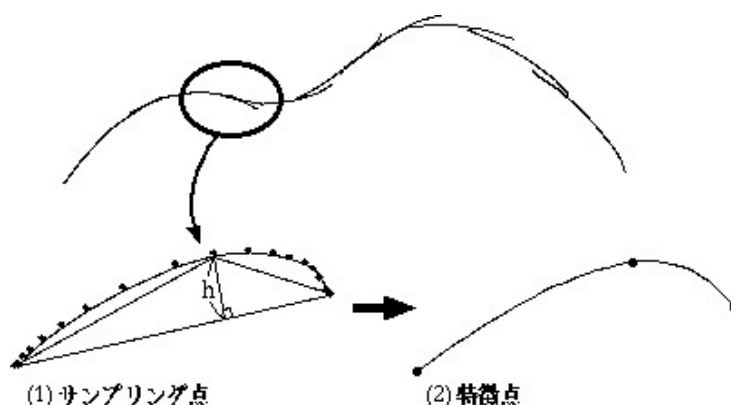


図-5.4-05 特徴点の抽出

(2) 特徴点結合

線群に含まれるそれぞれの線分から得られた特徴点列を結合することにより

新たな特徴点列を生成する。その際には常に新しい方の点列を優先して挿入するという規則に従う。以下に3つの結合例を示す。

図-5.4-06における0、1、2、3は計算済みの特徴点列L1を表し、A、B、Cは次に入力された特徴点列L2を表している。

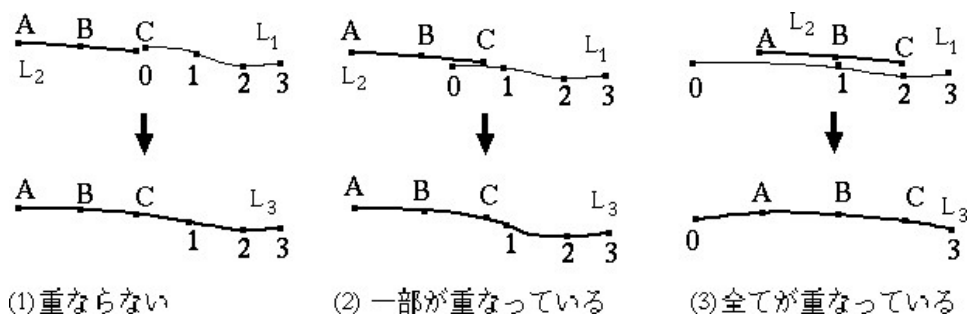


図-5.4-06 特徴点の挿入

(a) 点列に重なりがない場合はそのままつなぐ (図-5.4-06(1))。ただし、特徴点列 A、B、C に閾値より近い距離に L1 の特徴点がある場合には、L2 の点に置き換える。点 0 は C に近いと判断され削除される。

(b) 点列の一部が重なっている場合には、後に描かれた線分の特徴点列を優先する (図-5.4-06(2))。点 0 は BC 間にあるため削除される。

(c) 全てが重なっている場合には、重なっている部分を後に描かれた線分の特徴点列に置き換える (図-5.4-06(3))。

図-5.4-07 は、特徴点結合法を用いた曲線の描画および修正例である。ここでは、特徴点を結ぶ曲線の生成には自然スプライン曲線を用いた。本手法の特徴は以下の通りである。(1)一度に描かれた複数の線分から成るラフな曲線に対し本手法を用いることにより、必ずしも曲線が一筆書きで描かれている必要がない。(2)常に最新の清書結果が出力されるため、対話的な曲線入力が可能である。(3)清書曲線に対し直接修正曲線を描くことによる加筆・修正が可能である。

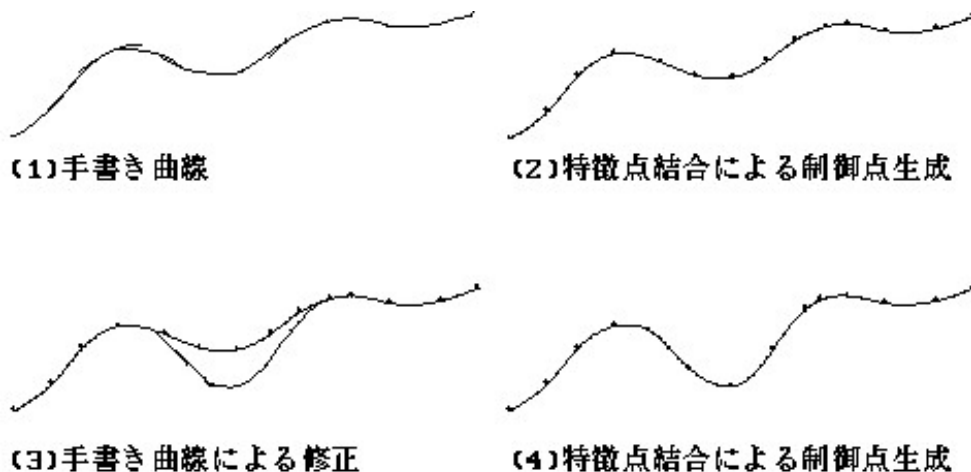


図-5.4-07 特徴点結合法による描画・修正

(3) 節点分割抽出法

前節で述べた特徴点結合法は修正が容易な反面、凹凸を生じさせることが多い。そこで、凹凸を生じさせる制御点を削除し、滑らかにつながる制御点を残す手法である節点分割抽出法について述べる。本手法は直線近似手法である節点抽出法を曲線に拡張した手法であり、特徴点結合法により生成された制御点列に対して処理を行なう。

本手法は、振幅を残すべき区間を検出して全体を小さく分割し、それぞれの区間で同様の分割を行ないながら制御点を選択していくことにより、局所的な振幅の対応を可能にする。以下にそのアルゴリズムを示す。

- (a) 端点 P_1 、 P_2 を結ぶ直線と交点を持つか調べる。交点を検出した場合、最初に検出した交点 P_3 を分割点とし、その左右の区間で再帰的に同様の探索を行なう (図-5.4-08(1))。
- (b) 区間内で交点が見つからず、その区間内に変曲点が存在するならば最も小さな極小値を 1 つ求める。極小値が存在した場合にはその点を分割点 P_3 とし、(a)に戻る (図-5.4-08(2))。
- (c) 区間内に交点が見つからず、変曲点が存在しない場合には、節点抽出法を用いて区間内を再帰的に分割し、無駄な制御点を省く (図-5.4-08(3))。図の ε は閾値を表し、 $\varepsilon < h/L$ を満たす制御点を残す。

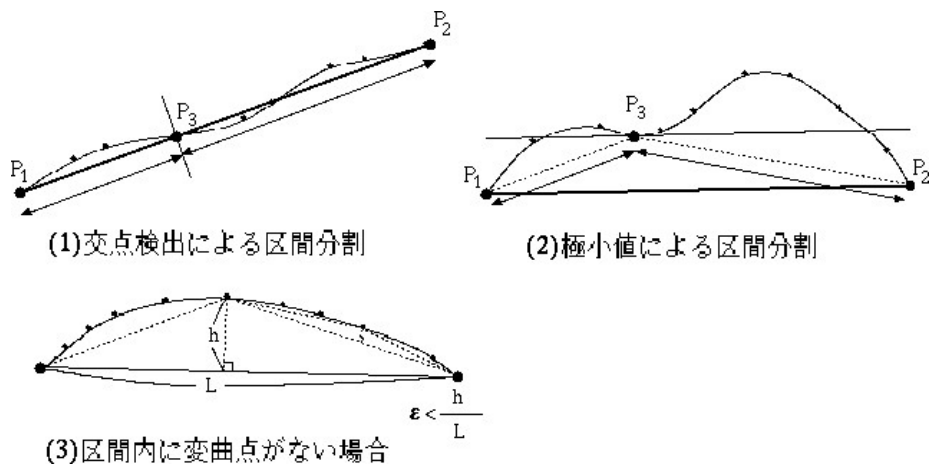


図-5.4-08 節点分割抽出法による制御点選択

図-5.4-09 は、特徴点結合法により手書き曲線から生成した制御点列に対し、節点分割抽出法を施した結果である。曲線上の黒丸が制御点である。図-5.4-09(1)-1、2 では凹凸が削除され、図-5.4-09(2)-1、2 においては凹凸の削除に加え、不要な制御点が大幅に削除されている。

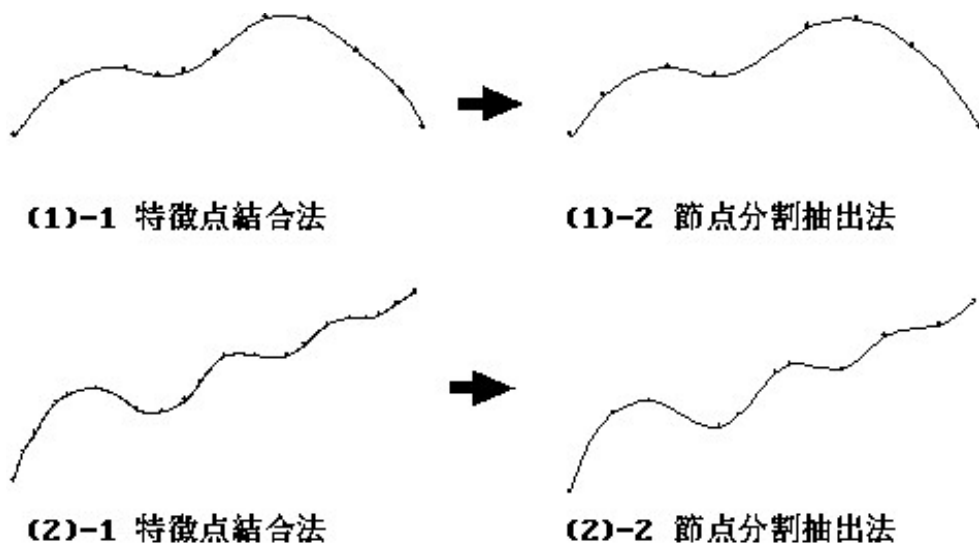


図-5.4-09 節点分割抽出法による制御点生成

5.5 手書き図形の3次元復元

本節では、入力された基本外形のスケッチを3次元モデルへと復元する手法について述べる。

5.5.1 消失点の補正

手書きによる基本形状を3次元形状として復元するためには、図形が透視図として正しい形状であることが条件となる。そこで、本節では消失点の拘束条件を用いた図形の補正手法について述べる。

透視図において、一般的に水平消失点は画面に対し水平位置に存在することから、図-5.5-01における水平消失点1、2が水平であるように消失点を決定する。垂直座標は消失点1、2の平均を用いて求める。そして、1、2、3、4の頂点から消失点へ向かう線上に頂点が存在するように頂点移動を行なう。

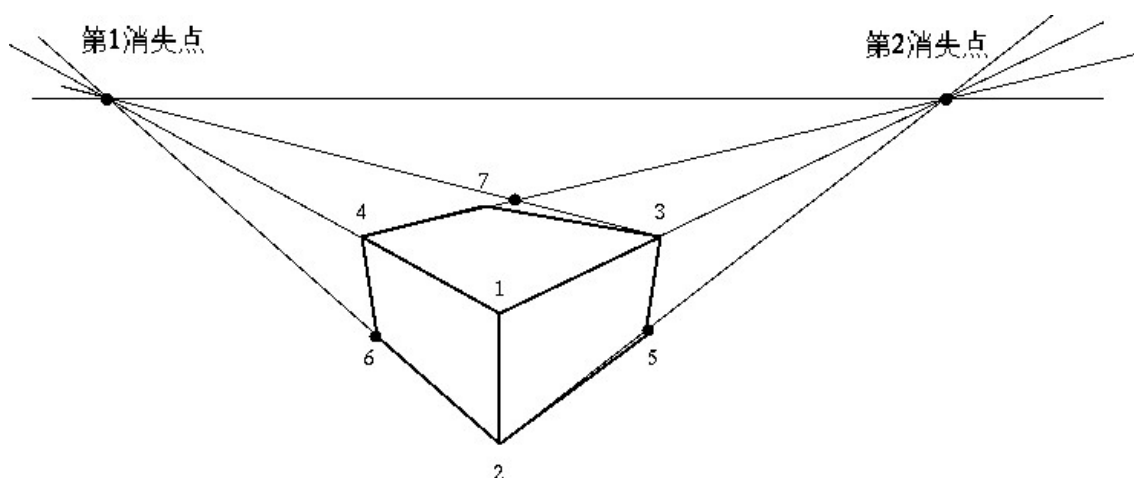
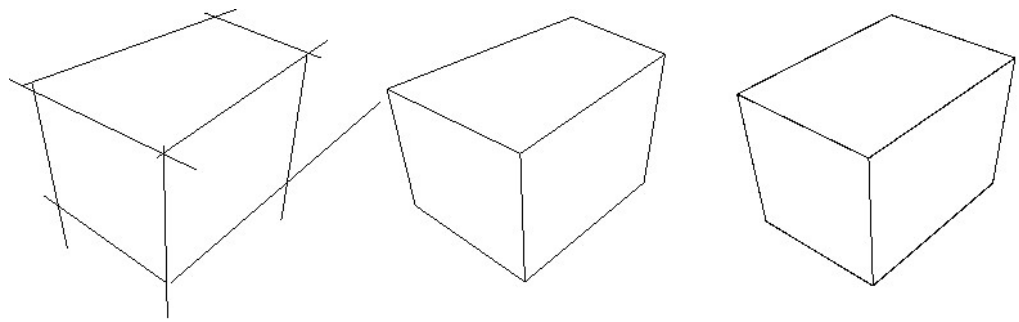


図-5.5-01 消失点移動による形状補正

図-5.5-02 は、手書きスケッチを形状補正する手順を示している。まず図-5.5-02(1)の手書きスケッチから図-5.5-02(2)のように直方体の頂点を求める。頂点の定まった図-5.5-02(2)から図-5.5-01にある頂点移動法を用いて図-5.5-02(3)に示す透視図補正後の図形を得ることができる。



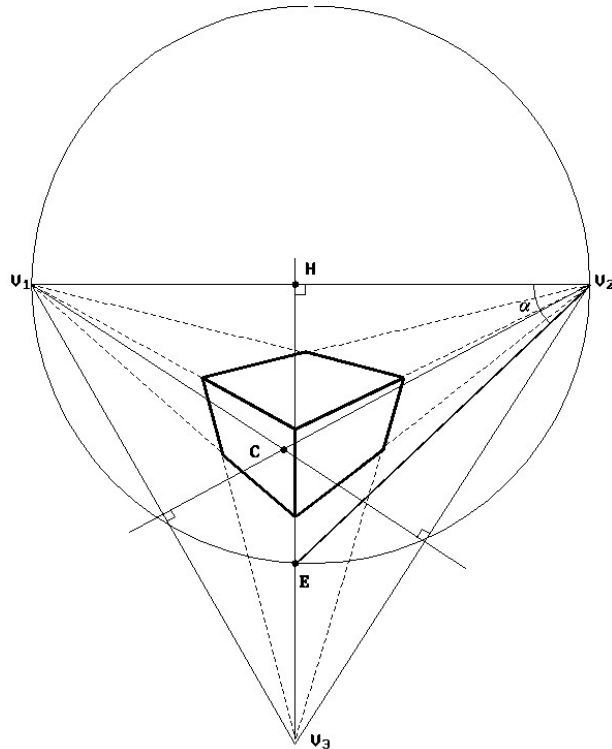
(1)手書きスケッチの芯線 (2)頂点の長さ補正 (3)消失点を用いた形状補正

図-5.5-02 スケッチの形状補正

5.5.2 視点推定

透視図として正確に描画された図形からの視点推定を行なう方法について述べる。図-5.5-03 にその処理方法を示す。V1～V3 が消失点を示し、H は V3 から V1V2 へ下ろした垂線の足であり、V1、V2 からそれぞれ V2V3、V1V3 へ下ろした垂線との交点が視心 C となる。視点は視心 C 上にあり、直方体上の 1 辺の長さを与えることにより視心から視点までの距離 f が一意に求められる。基本外形は直方体であると仮定しているので、視点と視心までの距離と直方体までの距離との比例関係から直方体の各頂点の座標を求めることができる。

図-5.5-03 透視図からの視点推定



5.6 手書き入力による形状修正

スケッチインタプリタには形状処理機能として平面による切断機能があり、画面に投影された3次元形状に対して直接切断面をスケッチすることにより切断平面を入力することができる。切断平面を1つ以上スケッチした後、不要部分を削除することにより形状を変形することができる。また、曲線を利用したスイープも実装されている。

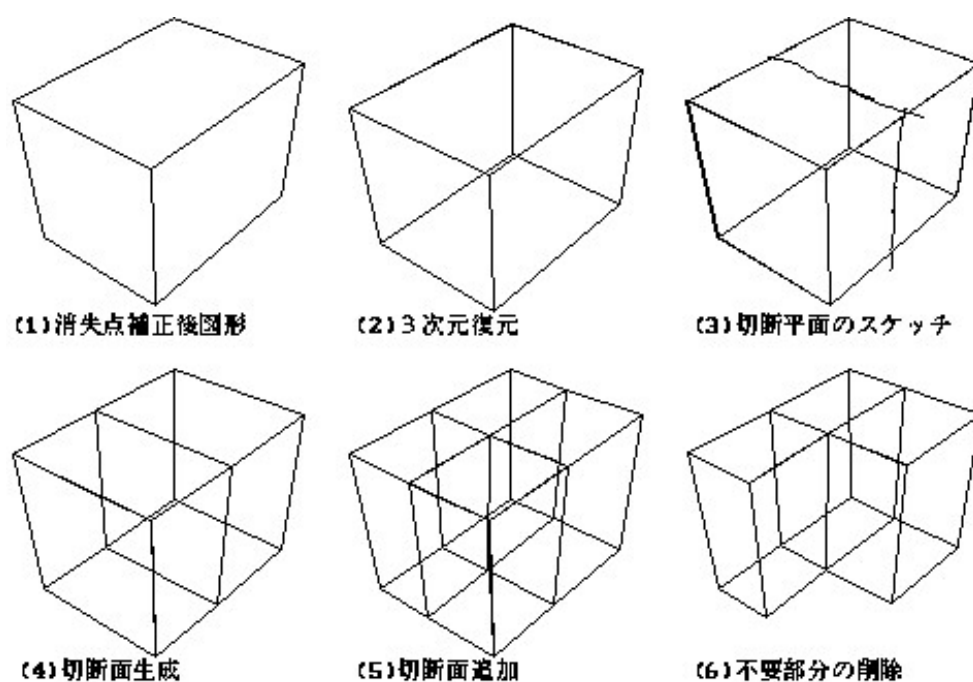


図-5.6-01 直線抽出を用いた形状変形操作

図-5.6-01 に、逐次清書法の立体切断への適用例を示す。図-5.6-01(1)はスケッチにより入力された直方体に対し、透視図としての補正を行なった結果であり、図-5.6-01(2)で3次元モデルへ復元されている。図-5.6-01(3)は切断平面のスケッチであり、図-5.6-01(4)ではモデルの切断を行なった。図-5.6-01(5)では更に切断面を追加し、図-5.6-01(6)で不要部分の削除を行なった。

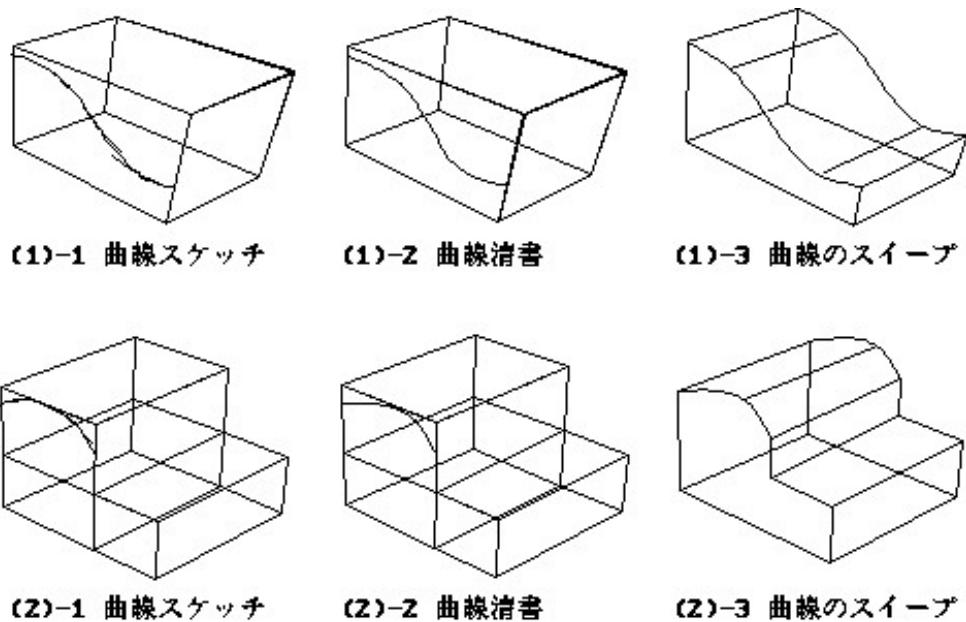


図-5.6-02 曲線抽出を用いた形状変形操作

図-5.6-02 に、逐次清書法の曲線スイープによる切断への適用例を示す。図-5.6-02(1)-1、(2)-1 はスケッチによる切断曲線の描画であり、図-5.6-02(1)-2、(2)-2 はスケッチされた切断曲線が逐次清書法により 1 本の曲線となり、節点分割抽出法により制御点削除が行なわれた。図-5.6-02(1)-3、(2)-3 は得られた清書曲線を断面形状として使い、スイープにより 3 次元データを生成し表示を行なった例である。

5.7 スケッチインタプリタによる形状作成例

以下では、スケッチインタプリタを用いて形状入力した結果を示す。

図-5.7-01 は鏡を作成した例である。まず基本外形を描き（図-5.7-01a）、基本外形に対しての切断、立体追加などを行ないながら形状を完成させる（図-5.7-01b、c、d、e）。基本外形の段階から 3 次元情報を持っているため、立体を回転させることにより、紙上スケッチでは不可能な裏面の描画も行なうことが可能である（図-5.7-01f）。

鏡は 15 分ほどの時間で描画することができた。

図-5.7-02 はホチキスを作成した例である。鏡と同様に、まず、基本外形から描画を行ない、立体追加と切断を行なう。ホチキスの描画には1時間程の時間を要した。図-5.7-03 はでき上がったモデルに対し、他システムによりシェーディングを行なった結果である。図-5.7-03a はフラットシェーディングを施したもの、図-5.7-03b は全体にフィレットを付与し、レンダリングを行なった結果である。

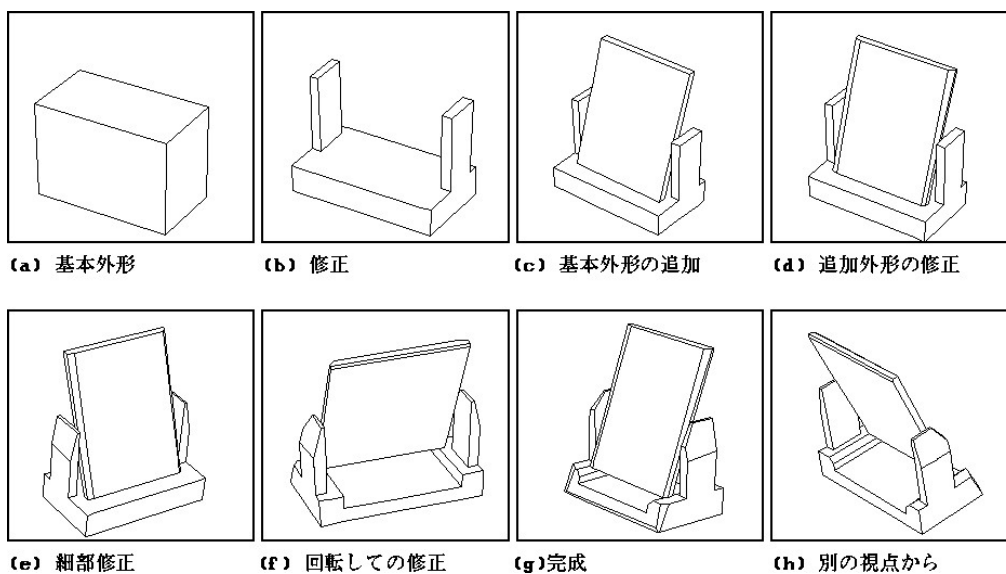


図-5.7-01 鏡の作成例

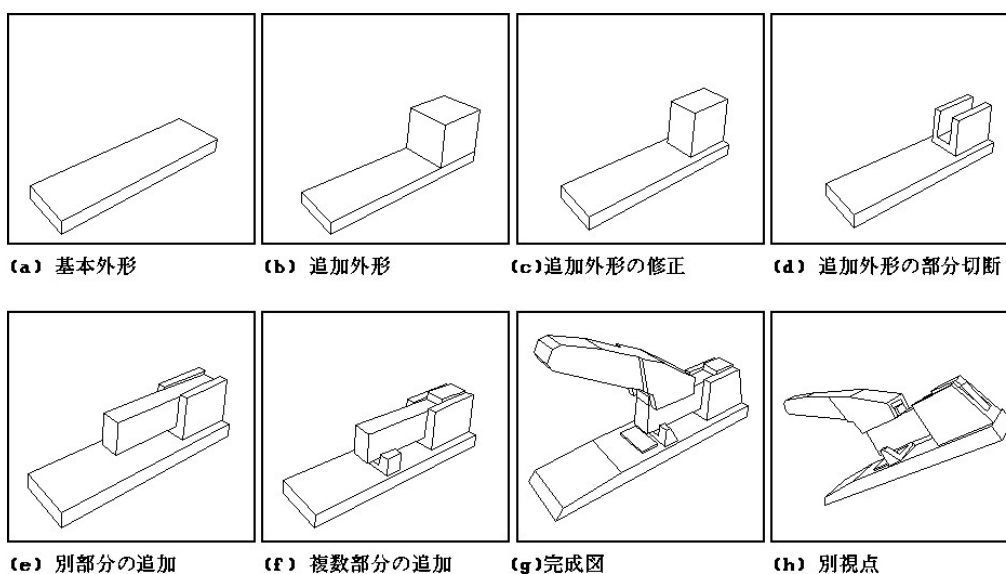


図-5.7-02 ホチキスの作成例

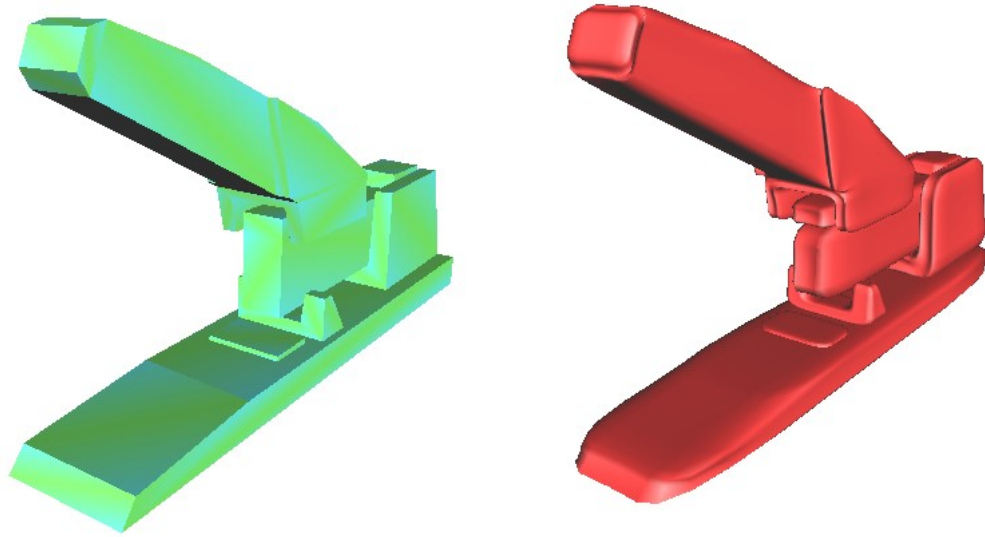


図-5.7-03 ホチキスのシェーディング例

以上の実験から、フリーハンド線分による描き足し・修正が容易に可能であり、従来の単線で形状を入力するインタフェースよりも直観的で柔軟な形状入力ができることが分かった。

5.8 まとめ

ここでは、ペン入力を用いた直接入力による3次元形状生成システムであるスケッチインタプリタシステムについて述べた。スケッチインタプリタシステムは、ペンを用いた手書きによる曖昧さや歪みをコンピュータとの対話処理で補正しながら形状を決定する、対話型の形状入力システムである。

本システムではスケッチ感覚での線分の重ね書きによる入力を可能とし、表示されているモデルに対し直接修正を行なうことが可能である。さらに、ペン入力による形状生成支援システムの構築により、デザイナーのメンタルイメージから3次元形状データ生成までの期間の短縮が期待できる。

今後の課題として、自由曲面形状の生成・変形操作の実装がある。現システムでの曲面生成は曲線のスイープに限られているが、3次元形状の表現に自由曲面は必須である。特に試行錯誤を必要とする曲面変形操作は重要であり、手書き曲線による3次元形状の直接変形操作を実現する予定である。

参考文献:

- [1]マルチメディアコンテンツ振興協会: “高付加価値意匠デザインのための 3次元形状モデリングに関する調査研究報告書” ,(1998)
- [2]鳥谷 浩志, 千代倉 弘明 編著: “3次元 CAD の基礎と応用” ,pp.119-130, 共立出版(1991)
- [3]日本図学会 シンセティック CAD 編集委員会: “シンセティック CAD” ,培風館(1997)
- [4]塩谷 景一: “3次元 CAD/CAM における形状処理技術” ,pp.115-127,日刊工業新聞社(1989)
- [5]岩田 一明監修, 財団法人大阪科学技術センターCIM 研究会編: “コンピュータ設計・製図 -CAD の実際-” ,共立出版(1987)
- [6]明尾 誠, 他: “アイデアスケッチからの 3次元形状自動復元システム” ,第 9 回 NICOGRAPH 論文コンテスト pp.55-65,(1993)
- [7]日本機械学会: “形態とデザイン” ,pp.7-12,培風館(1993)
- [8]C. L. Philip Chen, Sen Xie: “Freehand drawing system using a fuzzy logic concept” ,Computer Aided Design Vol. 28 No. 3 pp. 77-89,(1996)
- [9]五十嵐 健夫, 他: “対話的整形と予測描画による幾何学的図形の高速度描画” ,インタラクシオン'98 論文集 pp.25-26,(1998)
- [10]古島 終作, 他: “ラフスケッチ図からの 3次元モデルの生成” ,第 6 回 NICOGRAPH 論文コンテスト pp.11-21,(1990)
- [11]Lynn Eggli, Beat D. Bruderlin, Gershon Elber: “Sketching as a Solid Modeling Tool” ,Proceedings of Third Symposium on Solid Modeling and Applications pp.313-321,(1995)
- [12]Lynn Eggli, et. al: “Inferring 3D models from freehand sketches and constraints” ,Computer Aided Design Vol. 28 No. 2 pp. 101-112,(1997)
- [13]Pobert C. Zeleznik, Kenneth P. Herndon, John F. Hughes: “SKETCH : An Interface for Sketching 3D Scenes” , SIGGRAPH 96,Computer Graphics Proceedgins pp.163-170,(1996)
- [14]杉下 悟, 徐 崢, 松田 浩一, 近藤 邦雄: “フリーハンドスケッチによる 3次元形状入力法” ,情報処理学会 グラフィックスと CAD シンポジウム論文集, (1995)
- [15]S. Sugishita, K. Kondo: “Interactive Freehand Sketch Interpreter for Geometric Modelling” ,Symbiosis of Human and Artifact pp.561-566,(1995)

- [16]松田 浩一, 杉下 悟, 近藤 邦雄: “対話型スケッチシステムのためのユーザインタフェース”, 第 11 回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集 pp.69-76,(1995)
- [17]松田 浩一, 近藤 邦雄: “ペンベースインタフェースによる曲線の逐次清書法”, 第 56 回情報処理学会全国大会論文集, 第 4 分冊 pp.84-85,(1998)
- [18]近藤 邦雄, 木村 文彦, 田嶋 太郎: “手描き透視図の視点推定とその応用”, 情報処理学会論文誌 vol.29 No.7 pp.686-693,(1988)
- [19]近藤 邦雄, 木村 文彦, 田嶋 太郎: “曲面の形状感の表現(第 3 報)手描き入力による図形作成法”, 精密工学会誌 Vol.53 No.4 pp.607-612,(1987)
- [20]K.Matsuda,K.Kondo: “Freehand Sketch System for 3D Geometric Modeling”, Shape Modeling International '97 pp.55-62,(1997)
- [21]松田 浩一, 近藤 邦雄: “3 次元形状入力のためのスケッチインタプリタシステム”, 第 14 回 NICOGRAPH/MULTIMEDIA 論文集 pp.17-26,(1998)
- [22]松田 浩一, 近藤 邦雄: “手書き図形入力のための時系列情報を利用した逐次清書法”, 情報処理学会論文集 Vol.40 No.20 pp.594-601,(1999)

第6章 スケッチインタプリタの評価

6.1 プロトタイプシステムへの意見

前章で述べたスケッチインタプリタシステムを用いた形状入力の実験を行った。ここでは、実験に対するデザイナーの意見を中心に特徴や今後の課題をまとめる。

6.1.1 デモンストレーションの内容

デモンストレーションの内容は、スケッチ入力による直方体の作図、切断、および曲線の作図である。環境を図に示す。



図-6.1-01 デモンストレーション実施環境

デモンストレーション実施環境の使用機器およびスペックは次の通り。
Computer : Libretto 50(Pentium 75MHz, Memory 32MB), OS : FreeBSD-2.2.5(Windows 上でも Cygnus GNU-WIN32+EXCEED.95 利用で動作確認済み), Tablet : Wacom Art Pad II(A5)。

6.1.2 スケッチインタプリタシステムに対する意見

ここではデモンストレーションのあとに出されたデザイナーの意見をまとめて示す。

(1) 現状のプロトタイプへの意見

デザイナーらの意見をまとめると、入力インタフェースとしてプロトタイプをみると従来の数値入力インタフェースに比べて優れているという評価である。ただし、機能が十分でないために、清書段階での利用には有効であるが、アイデアスケッチ段階ではこのままでは使いにくいという意見があった。以下に意見をそのまま示す。

- ・2次元で図を直接入力できるというインタフェースがおもしろい。
- ・従来のCADとは異なった入力インタフェースとなる。この点を活かしていく方式を考えるとよい。
- ・インタフェースを替えるという点だけでも実現できれば、発想段階でも使えると思われる。
- ・特に数値を使わないで形状入力できるという点に特徴がある。
- ・形状がある程度決定されたときのコンピュータへの形状入力に役立つ。
- ・トレーサとしてデザイナーが描いたものを3次元にするということにはいい。
- ・スケッチのブラッシュアップ、3次元の形状として定義するとき使える。
- ・スケッチはデザイナーの思考確認手段・表現手段であるのでよい。
- ・直方体だけでなく、好きな形状が入力できれば、とてもよい。
- ・清書だけでなくデザイナーの思考過程が実現できるとよい。
- ・現状でも有効性はありそうであるが、プロダクトデザインに実験的に使ってみたほうがよい。

(2) デザイン支援のためのスケッチシステム全般に対する意見

スケッチ入力システムがどのように形状デザインに役立つかという立場で、数々の意見があった。考えていることをいかにスムーズにコンピュータに伝えるかが課題となることが分かる。以下はデザイナーの意見である。

- ・デザインコンセプトからもの作りまでに必要な機能がなにかを考えなくてはいけない。

- ・あくまでキーラインの3次元化ができればよい。自動で面はりができれば理想的である。
- ・システムがデザイナーの意図を汲み取ることができることが大切である。
- ・アイデアスケッチ段階でのラフな形状入力をできることが必要である。発想支援の機能があるとよい。
- ・スケッチ段階では同時に限られたビューしか描けないので、入力後各ビューからの修正が必要である。3次元化されていれば相互の関係を参照しながら線を整えるので便利である。
- ・スケッチ入力できれば、線の勢いとか重要な意味を持っているイラスト作図も超えることができる。
- ・アイデアを情報化するときに必要な計算機ツールとなればよい。
- ・デザイナーが描いた物を何らかの形でCADへ入力しなければいけないので、それらの道具とならなければいけない。

6.2 プロトタイプシステムに対する要望

この調査では、スケッチの書き方と形状の関係を整理して、スケッチファンクションの確立による形状入力機能を整理することを目標とする。これらのことを基にプロトタイプで必要な機能をデザイナーの方々に出していただいた。以下にこれらの意見を列挙する。

プロトタイプシステム構築にあたって、スケッチはデザイナーの思考確認手段・表現手段であるので、その長所を生かすことが大切であること、入力情報の清書だけでなくデザイナーの思考過程が実現できるとよいこと、フリーハンド曲線からワイヤフレーム、3次元モデル生成までつなげられることなどが指摘された。前提として発想段階での「勢い」や「味」は、プロトタイプでは問わないことにする。

(1) スケッチインタラクションに関して

コンピュータと対話しながら、形状を決定する場合のインタフェースとして、デザイナーが自ら使うためには以下のような要望をどのように実現するかが課題である。

- ・作画（入力）線分の重ね書きをそのまま残す。描画した線を残して処理するほうがデザイナーの感覚に合っている。

- ・複数の入力した線を逐次変換することより、すべて書き終わってから変換するバッチ的処理にしてほしい。
- ・おおまかな全体形状（イメージ立体）がすばやくできることが必要である。
- ・発想段階はマルチモダリティが欠かせない。外形入力、断面線、相貫線などを自由に行き来できるといい。線を描きながら、画像と照合したり 3Dモデルとして検証できることが必要である。
- ・あらかじめ登録しておいた各種の曲面データを簡単な操作で呼び出す機能がほしい。
- ・外形線と意味（キャラクターラインやレンダリング）で 2 次元的な操作を使用して入力する機能があればよい。
- ・線だけでなく、陰も書いて形状を表したい。

(2) 形状決定のための方法について

スケッチをしているときには、さまざまな考えが頭の中にあると思われる。ここではスケッチによる形状入力ツールとして、形状指定の方法に対する意見を以下に示す。

- ・直接入力できる形状を増やす。曲面やプリミティブなどを簡単に指定したい。
- ・キャラクターラインや断面の直接入力が可能になってほしい。
- ・曲線の入力や 3 次曲面のラフな入力機能が必要である。
- ・加える、つなげるなどのファンクションがあるとよい。
- ・「あれ」みたいな形というイメージとそれを外形線で形状決定していく機能がほしい。
- ・試行錯誤的な作業が効率的に行え、目的の形状が的確に得られるサポート機能が必要である。

形状を指定するために、(1) 大雑把な形状やプリミティブの入力、(2) 曲線や特徴線による指定、(3) 形状の修正、(4) 形状データベースなどの活用、そして、(5) 試行錯誤が可能なシステムが必要となることが分かる。さらに、プロトタイプを使ってみてその知見をもとに検討していくとよいという意見があった。来年度はプロトタイプシステムを強化し、スケッチ入力システムの評価を行う予定である。

4. 調査研究の成果

意匠デザイナーが直接利用することができて、形状の発想支援や形状概念の明確化に有効であるような、形状モデリングシステム構築のための調査研究とプロトタイピングを行ってきた。既存の研究開発を十分に調査して評価するとともに、デザイン現場での意匠デザインの現状とデザイナーの要求を知る機会を得て、今後の形状モデリングや形状入力について、極めて有益な情報をまとめることができた。また、比較的簡単な3次元形状のスケッチ入力システムのプロトタイプを作成し、デザイナーらからの評価を受けることにより、今後のシステム開発の指針を明確にすることができた。

以上の成果をもとに、次年度には、スケッチ主体の形状入力アルゴリズムの拡張と完全化を目指すと共に、そのプロトタイピングも進めて、実用的な評価が可能な程度の高付加価値形状の試作を実現することが目標である。

—禁無断転載—

10-R-10(2)

コンテンツ制作支援システムに関する調査研究報告書
高付加価値意匠デザインのための
3次元形状モデリング

— 要 旨 —

平成 11 年 3 月

作 成 財団法人 機械システム振興協会
東京都港区三田一丁目 4 番 28 号
TEL : 03 (3454) 1311 (代)

委託先 財団法人 マルチメディアコンテンツ振興協会
東京都港区虎ノ門一丁目 21 番 8 号
TEL : 03 (3506) 1701 (代)