



慶應義塾大学ビジネス・スクール

株式会社インクス

コンピュータがさまざまな分野に導入されるようになってから、すでに 5
30年。しかし、ネットワーク・コンピューティングという概念がここまで
で身近なものとなり、コンピュータが、世の中の仕組みをこれほどまで
に変化させると、誰が想像しえたでしょう。私たちincsは、こうした
ネットワークの時代に、おそらくはハイスピードで変貌を遂げていくで
あろう工業の姿を、“情報工業”と定義し、その未来形の研究を続けて 10
きた企業です。かつて、蒸気機関の出現が工業のあり方を一変させた
ように、一元化したコンピュータとネットワークの活用が、明日の工業
の姿をつくり変えるのです。生産能力そのものの価値は失われ、知的情
報資源が価値をもつ“知的産業革命”——私たちは、今、そんな時代を
生きているのです。そして、この変革をリードしていくのはincsであ 15
る。これが創立以来7年の時を経て、私たちが勝ち得た自負なのです。

(会社案内より)

1998年の年初、株式会社インクスの山田眞次郎社長は、川崎市にある12階の見晴らしの良 20
いオフィスから多摩川沿いに広がる京浜工業地帯とその先の都心を見渡し、時代の波——山
田社長が『情報工業化』と呼ぶもの——がいま急激に自分の方へ押し寄せつつあることを感
じていた。

自動車や電機などの製品開発プロセスは、従来、図面をベースにして進行していた（付属 25
資料1：図面ベースの製品開発プロセス）。デザイン部門が作成する意匠図面、設計部門が
作成する製品設計図面、金型部門が作成する金型設計図面は、それぞれ別に存在し、データ
の一貫性の保証はなかった。また、もともと3次元のものを2次元に展開するため、図面には
あいまいさや、つじつまがあわない個所が必ずあった。

1980年代終わりごろから、3次元CAD（Computer Aided Design：コンピュータ設計支援）
やコンピュータ・ネットワーク技術が進化したことにより、製品の形状やつくりかた（工程） 30

本ケースは、国際大学グローバル・コミュニケーション・センター竹田陽子専任講師によって作成された。
本ケースの記述は、経営管理の巧拙を示すものではなく、分析ならびにクラス討議の資料として作成された
ものである。

を定義する情報を、個別別に作成される図面ではなく、3次元の一貫したデータに納めよう
考え方がでてきた（付属資料2：3次元データベースの製品開発プロセスの理念形）。前工程
が生み出した情報資産が後工程に正確に伝わり、かつ、重複的な作業や間違いが減るために
開発期間を短縮することが期待できる。

5 インクスは、1990年の創業以来、3次元の設計データから短期間で試作をおこなうことの
できるラピッド・プロトタイピング（詳しくは後述）と、ラピッド・プロトタイピングの前
提となる3次元CAD関連のサービスで急成長してきた。インクスは、一貫した3次元データ
に貫かれた、設計から金型製造までトータルな製品開発システムを提供する企業になること
を目指していた。

10 山田社長は、3次元設計と3次元データに基づいた試作の次には、「金型」を3次元で設
計し、工作機械の数値制御データに出力して高速で製造することが欠かせないとみていた。
金型は、自動車のボディなどの金属板や家電製品などの外側のプラスチック板を打ち出す原
型で、いくら製品設計を3次元CADで精密におこなっても、そのデータが金型設計に生かさ
れなければ意味がなかった。

15 インクスは、今まで金型製造業者の職人芸としてブラックボックスにあった金型製造工程
を合理的に見直すことによって、従来の3分の1から5分の1の期間で金型を製造する実験をお
こなっていた。金型の設計・製造に本格的に取り組むとすると、多様な材料の手配、人手が
かかる工程の管理など、今までとはかなり性質の異なる業務にとりくまねばならない。

20 しかし、インクスは、ものを製造し販売する企業ではなく、顧客が製品開発システムを再
構築しようとするとき、情報的な付加価値を与える存在になることを目指していた。インク
スは、生産機能については、自社でもつだけではなく、既存の金型業者との連携を考えてい
た。

25 未開の分野であるだけに、ビジネスチャンスも不確実性も大きく、山田社長の前にはさま
ざまな課題が山積みになっていた。

3次元データで貫かれたトータルな製品開発システムを提供するために、インクスは、こ
れから何を提供し、何で収益をあげる企業になるべきなのであろうか。金型製造という、従
来とは性質が異なる分野にどのように進出するべきなのであろうか。何を自らおこない、何
を外部から調達し、顧客や協力企業とどのような関係を築くべきなのであろうか。

30 社内の人事評価、管理、採用、教育のシステムをどのようにおこなうかについても、手探
り状態であった。3次元CADや製品データベースを利用してものづくりをおこなう社員は、
従来のホワイトカラー、ブルーカラーの枠組みには当てはまらない新しい時代の職人である。

このような社員を育成し、動機づけていくには、どのような社内システムをつくっていくべきなのであろうか。今までは、山田社長の未来を見通す目と指導力に、社員が一丸となって従ってきたが、そろそろ、ビジネスを創造する力をもつ後継者を育てることも考えなくてはならなかった。

さらには、インクスがこれから市場を育てる活動をどのように展開していくかも課題であった。インクスの成長は、3次元データをベースにした製品開発システムの普及とともにあるからである。例えば、インクスは、3次元CADの普及の初期からさまざまな顧客に対してサービスをおこなってきたため、各種の3次元CADやハードウェアの性能は、ベンダーよりも詳細に知っていた。山田社長は、そのような知識を、メーリングリストやWWWであえて開示し、業界で共有していこうと考えていた。

創業と発展

ラピッド・プロトタイピング

インクスは、1989年、当時三井金属で自動車のドアロックの設計課長を勤めていた山田氏がデトロイトのオートファクトショーで、ラピッド・プロトタイピング装置の展示を見たことがきっかけで誕生した。

ラピッド・プロトタイピングとは、3次元CADで作成した製品設計データから実物の形状を出力する技術である。従来、開発途中で設計した製品の形状や性能を確かめるためには、試作部門や生産技術部門、あるいは外部の業者に図面を渡し、材料を直接削り出したり、簡易金型をつくって成型をおこない、試作品を製造していた。その工程は、多くの場合職人芸の手作業に頼っており、2週間から1ヶ月ほどかかるのが通常であった。CADデータを工作機械の数値制御（NC）データのかたちで出力することもおこなわれていたが、その間には材料加工や型設計などについてさまざまなノウハウが必要であった（付属資料1：図面ベースの製品開発プロセス）。

ラピッド・プロトタイピングは、3次元CADデータを用意すれば、ほとんど自動的にその形状を再現し、リードタイムも半日から数日内ですむ。その原理は、造形する製品を薄いスライスの積み重なりとして捉えて、一層ずつ樹脂などの材料を重ねて造形する。使われる手法としては、樹脂をレーザーで硬化させる方法（光造形）、金属粉をレーザーで焼結する方法、樹脂を押し出したり噴射する方法、紙を切断して糊付けする方法などがある。従来の試作と異なる点は、3次元CADデータにほとんど自動化された変換を加えたのち、ワープロのデータをプリンターに出力するように直接3次元の形状を出力する点である。（付属資料3：

ラピッド・プロトタイピングのしくみ) (付属資料4：ラピッド・プロトタイピングの例)

山田氏がオートファクトショーで見たのは、ラピッド・プロトタイピングの先駆けになった3Dシステムズ社のSLAという光造形装置であった。当時、ラピッド・プロトタイピングは米国でも普及の初期にあり、日本ではまだほとんど使われていなかったが、山田氏は、ラピッド・プロトタイピングに出会ったその瞬間に、この技術をすぐにでも採り入れなければ日本の製造業はグローバルな競争に立ち遅れると直観した。しかし、当時1億円する光造形装置を購入するように会社を説得するには、半年はかかるであろう。

当時、試作品をつくるのにグラム単価で1万円かかっていると山田氏は試算していた。3次元CADで設計したデータをそのまま利用して短い時間で造形をおこなうラピッド・プロトタイピングは、単独でも絶対に商売になる。山田氏は、3時間後には会社をやめる決心をし、会社に立ち戻るや同僚に「俺は会社を辞める。一緒にやらないか」と声をかけた。翌年3月末に所属していた開発プロジェクトが完了すると、翌日の朝、次のプロジェクトの辞令がでる直前に、山田氏は辞表を提出した。40歳の決断であった。同僚5名が山田氏の後について来た。

1990年7月、株式会社インクスは設立された。資本金1743万円は、山田氏が1222万円、社員が193万円出資し、残りは懇意にしていた取引先が出資した。

創立当初は、三井造船が新たに開発したばかりのラピッド・プロトタイピング装置の1号機を導入した。ところが、3000万円するこの装置は、構造的に問題があり、使い物になる試作品が成形できなかった。リース契約を解除できなければ、インクスは倒産である。創業から現在にいたるまで、インクスが一番苦しかった時期は、創業年の9月から10月に、三井造船の装置が構造的に欠陥をもっていることを証明するために、実験を重ね、必死に報告書を作成していた時期である。幸い、装置の欠陥は、製造元の三井造船と販売元の三井物産、リース元の三井リースに認められ、契約の解除は成功した。

1990年12月、今度はラピッド・プロトタイピング装置の草分けで、実績のある3Dシステムズ社の「SLA250」を導入し、光造形の本格的な受注がはじまった。当時、ラピッド・プロトタイピングという技術自体が日本ではまだ一般的ではなかったもので、業務開始後3年ほどは、ラピッド・プロトタイピングでは事業を成り立たせることはできず、三井金属時代のノウハウを総動員して、設計業務を受注したり、CAD教育やCADデータをNCデータへ変換する作業など細かいサービスでしのぐことになった。しかし、ラピッド・プロトタイピングのメリットが認識されるにつれ、発注メーカーは徐々に増え、自動車、電機、電子、航空など業種も広がっていった。(付属資料5：インクスにおけるラピッド・プロトタイピングの業種別発注数割合)

市場が拡大するにつれ、ラピッド・プロトタイピングのサービスをおこなう競合の数も増

えていったが、インクスの強みは、光造形の分野で他社に先駆けて業務を開始し、さまざまな業種の企業の仕事を受けてきたことによって豊富な経験を蓄積していることであった。ラピッド・プロトタイプは普通の試作品を製造するのに比べて自動化されている部分が多いが、まったくノウハウがいらぬわけではなく、造形時に製品の形状が崩れるのを防ぐために製品を支える部分（サポート）を加える技術や、データ変換の技術など、材料加工などの従来の試作技術とは違った種類の技術が必要とされた。また、設備の稼働率が高いために、ラピッド・プロトタイプングの受注製造分野でプライスリーダーになることができた。価格は、例えば、携帯電話が造形時間34時間納期4日で40万円、エンジン部品（150×150×60ミリ）が造形時間30時間納期5日で45万円程度であった（1997年の参考価格）。

5

1993年、インクスは、3Dシステムズ社と日本総代理店契約を締結し、光造形装置の販売を始めた。顧客が光造形装置を導入する際に必要とされるさまざまなノウハウをもっていることが、インクスが単なる商社とは違う点であった。

10

3次元CAD関連サービス

ラピッド・プロトタイプングのサービスをおこなう企業として立ち上がったインクスであったが、ラピッド・プロトタイプングをおこなうためには、3次元CADで製品が設計されていなくてはならない。日本においては3次元CADの普及が遅く、ラピッド・プロトタイプングを受注するときに、全体の7割から8割は、顧客から渡された図面を3次元CADでモデリングすることを併せておこなっていた。

15

ラピッド・プロトタイプングを受注するために3次元CADのモデリング業務をおこなわなければならないことは、結果的にインクスに3次元CADに関するノウハウを蓄積することになった。3次元CADは、1990年代に入ってから普及し始めた新世代CADにより新しい可能性が大きく開けたが、まだまだ技術的にも利用方法の開発の面でも未成熟であった（後述）。インクスが顧客の要求に応じてさまざまなCADを使って各種の製品をモデリングした経験は、3次元CADの導入コンサルティングや教育、データ変換など3次元CADに関連する諸事業への展開を可能にした。

20

25

1995年頃からインクスは、3次元CAD導入のコンサルティングや教育を積極的に受注しはじめた。1997年にはCADデータの変換に強い浜松の株式会社アルモニコスと提携して、CADデータの変換サービスとコンサルティング業務も開始した。CADベンダー各社はほとんどが外資系で、日本企業に対するきめ細やかなコンサルティングや教育事業にまで手が回らないのが実状であったので、3次元CADの導入意欲が日本国内で高まる中、3次元CAD関連の事業は大きな柱となりつつあった。

30

発展

1996年から1997年にかけては、インクスにとって飛躍の年であった。国内メーカーの3次元CAD導入に弾みがつきはじめ、光造形の受注、3次元CAD関係のサービスともに売上が順調に推移した。1996年の売上は16億円で前年度比94%増（ただし、3億8900万円は公的プロジェクトによる臨時的な収入なので、実質は12億円、47%増）、経常利益は1億2千万円で前年度の4.5倍であった。翌1997年12月期の売上は40%増の22億円（前年の臨時収入を除くと、売上の伸びは85%）になり、社員は63%増の70人になった（附属資料6：損益計算書と社員数の推移）。売上構成は、ラピッド・プロトタイピングの受注が20%、3次元CADのモデリングの受注が10%、3次元CADの教育が17%、光造形装置の販売が42%程度である。これらの

5
10

1998年の初頭には、それまで数少なかった大卒文系の社員を金融機関等から12名中途採用し、4月には新卒の社員を32名（文系は1名）入れて、社員数は110名に達する予定であった。

インクスが所有しているラピッド・プロトタイピング装置の数は、光造形装置が10台、樹脂を噴射させるタイプが1台で、国内最大級の規模であった。ラピッド・プロトタイピング装置の価格は1台4千万円から6千万円である。3次元CADを操作するためのグラフィック・ワークステーションは約50台で、CATIA、UNIGRAPHICS、I-DEAS、PRO/ENGINEERなど機械系の設計で使われている3次元CADのほとんどをカバーしている。これらの本格的なCADを導入するには、ハードウェアも含め1台1千万円近くの投資が必要であった。

15

3次元 CADの普及と製品開発プロセスの改革の動き

3次元CADの進化と普及

日本におけるラピッド・プロトタイピングの草分け的な存在であるインクスは、3次元CADとその関連技術の普及とともに歩んできた。

25
30

広義の3次元CADは、日本においても1970年代末ごろから使われていたが、1980年代までは立体の輪郭線のみを定義するか（ワイヤフレーム）、曲面を定義する（サーフェース）ことに限られていた。ワイヤフレームやサーフェースのCADでは、立体内部の情報がなく、面のどちら側が立体の内側かが判別できないため、例えばある立体から円柱を差し引いて穴をあけるなど、立体同士の足し算や引き算をおこなうことによって形状を変化させるといったことができず、複数の部品を組み合わせたときの相互干渉をチェックすることもできなかった。複雑な形状になると線が入り組み、製品の形状を直観的に理解することが難しかった。そのため、ほとんどの場合、製品を設計する主力のツールとしては使われず、2次元図面を

補完するために、製品・部品の一部分を表現するために利用されるのにとどまっていた。

典型的な使われ方は2通りあり、第1は、発電機や航空機のように試作に莫大なコストがかかる製品の性能をコンピュータ上であらかじめシミュレーションすることであった。この場合、解析担当者が設計者が作成した2次元図面をみながら解析に必要な情報だけを3次元CADに入力することが多かった。第2は、図面では表現できない微妙な曲面を設計するために使われた。自動車や家電などの外形の曲面を3次元CADで設計し、そのまま工作機械の数値制御（NC）データに出力して金型が製作された。しかし、外板部品の内側や内部機構部品は、従来どおり図面で設計されていた。

1980年代の末に、立体の内部構造をデータとして持つソリッド・モデラーと呼ばれる新世代CADがはじめて商品化された。ソリッド・モデラーの多くは、立体の形状を自律的に保つフィーチャ機能と立体のパラメータを数値で入力することで変形できるパラメトリック機能を備えていた。フィーチャとは、例えば、ある立体に「穴」というフィーチャを与えれば、立体の厚みを大きくしても穴は貫通したままになる機能である。フィーチャ機能がない場合は、立体の厚みが大きくなった分だけ穴がふさがってしまう。また、パラメトリック機能があれば、穴の直径の数値を変えるだけで穴の大きさを自由に変えることができる（付属資料7：図面とソリッドモデル）。

フィーチャ機能、パラメトリック機能を備えたソリッド・モデラーの登場は、3次元CADの意味を大きく変化させた。直観的にわかりやすい製品像を画面でみながら、基本となる立体を組み合せ、パラメータを変化させることで製品を形作っていくという、3次元での本格的な設計が可能になりはじめた。

それまでは、3次元CADを使っても部分的であったのが、製品を構成するすべての部品、ユニットを3次元で設計し、図面ではなく3次元モデルをオリジナルなデータにすることが現実味をおびてきた。2次元図面をベースにしている限りは、工業デザイン、製品設計、金型設計が厳密に整合的であるという保証はなく、デザイナーの意図した形状が正確に製品設計に伝わらず、製品設計者の意図が金型設計に伝わらないということがしばしば起っていた（付属資料1：図面ベースの製品開発プロセス）。

新世代CADの登場によって、製品設計のデータを金型の設計に利用したり、工業デザイナーが作成したデザインのデータを製品設計に利用するなど、製品開発の工程の最初から最後までを共通したデータで貫くことが期待された（付属資料2：3次元データベースの製品開発プロセスの理念形）。

また、試作品をつくるまえに部品間の干渉チェックをおこなうことができるようになり、製品の強度等を分析するコンピュータ・シミュレーション（CAE）を、最終図面が完成し

ていなくても設計途中で機動的に実施することができることも大きかった。

新世代3次元CADは、1990年ごろに日本企業の間に入り始めたが、技術的にも利用法の面でも発展途上であったこともあり、すぐさま図面や旧世代の3次元CADにとって代わるほど急激に広がることはなかった。例えば、フィーチャ・ベースの設計は制約が多く、思う通りの形状を作り上げるのに熟練がいる上に、後からデータを訂正したり、再加工するに非常に手間がかかった。複雑な製品を設計するときに、長い待ち時間がかかり、結局、CADが微妙な曲面を表現しきれないこともたびたびあった。また、本来、製品は3次元形状であるはずだが、製品設計者は3次元のものを2次元に展開する訓練をうけてきたので、かえって3次元で設計することに戸惑いを覚える人も少なくなかった。使い勝手もまだまだよいとはいえなかった。

しかし、1990年半ばごろには、旧世代3次元CADをつくっていた大手のCADベンダーも揃ってソリッド・モデラー発表し、各社の製品の機能に改良が続けられた。また、航空業界におけるボーイング777の開発や、自動車業界におけるクライスラーのネオンの開発など、3次元CADなど全面的に活用して成果をあげた海外事例が紹介されることによって、3次元CADを活用した製品開発工程の改革に対する関心が高まっていった。新世代3次元CADは、一進一退をつづけながら徐々に広がり、1997年においては、自動車や家電、情報通信機器、光学機器、造船、工業機械、プラント、重電など機械・エレクトロニクス製品のアッセンブリ・メーカー大手のほとんどが、新製品プロジェクトを中心に、実験や実用をはじめている段階にあった。

主要な機械設計用3次元CADには、仏ダッソー・システムズ社のCATIA、米EDS社のUnigraphics、米SDRC社のI-DEAS、米PTC社のPRO/ENGINEERがある。国産ソフトウェアは、ごく一部で使われているに過ぎない。

コンピュータの価格性能比の向上とコンピュータ・ネットワークのオープン化

3次元CADの技術革新と同時進行して、3次元CADを動かすハードウェアとコンピュータ・ネットワーク、データベース技術などの進化も急速にすすんでいた。

CADは、かつてのメインフレームやミニコンなどの大規模なコンピュータの上で動くものであった。メインフレームやミニコンは、コンピュータの演算処理能力を複数のユーザーが端末を通して分け合って利用する形式であるため、設計のようにコンピュータと人間が対話するようにすすんでいくアプリケーションは苦手であった。投資の額も莫大であったので、メインフレームやミニコンCADの時代には、大企業であっても一部の設計者や解析担当者が利用するにとどまっていた。

1980年代中頃に、対話型のアプリケーションに適したワークステーションが登場し、新世代CADは、はじめからワークステーション用に開発されることになった。その価格性能比は1990年代にかけて急速に向上したので、かつての大型コンピュータ並の処理能力をもったマシンを各担当者をもつことができるようになってきた。さらに近年ではパーソナル・コンピュータ上で動く製品が多数発売され、大企業だけでなく中小企業が導入する可能性が開けてきつつある。

5

また、1995年頃からインターネットやインターネットの技術を利用した分散型のコンピュータ・ネットワークが普及したことも、製品開発の情報化に大きな意味を持っている。各個人のもつワークステーションやパーソナル・コンピュータを通信回線でつなぎ、データベースを共有したり、画像、音声などのやりとりをおこなうシステムを、低コストですばやく構築できるようになってきている。例えば、3次元CADデータを部品データベースと連動したり、ホームページを見るのと同じ要領で開発中の3次元モデルを参照する、3次元CADとTV会議を連動させるなど、さまざまな使い方が試みられている。

10

製品開発プロセスの改革

15

3次元CADの普及の背景には、技術的な発展だけでなく、製品開発プロセスを見直そうとする動きがあった。

1980年代、自動車やエレクトロニクス・メーカーなど日本の製造業は、その高い生産性、品質、短いリードタイムで世界に注目されていた。その優位性は、工場の中だけでなく、製品開発のプロセスにもあるといわれていた。日本の製造業の製品開発プロセスの重要な特徴は、川上部門と川下部門が密接に連絡・調整をおこなうことであった。例えば、製品設計が終わった後はじめて、その図面をもとに金型設計が始まるのではなく、プロジェクトの早期からどのような製品ができるのかについての情報を金型設計部門に流し、金型部門は製品設計の図面が出来上がる前に金型設計を開始して開発期間を短縮すると同時に、密接な調整によって設計意図をくみとり、高い品質を達成してきた。

20

25

しかし、バブルの崩壊以降、国内需要の低迷、競争のグローバル化などにより、日本の製造業はさらに高い生産性をあげることを迫られていた。工場の中の効率化はすでにかんりのレベルまで達していたのでこれ以上の合理化は難しいと考えられ、製品開発の生産性が焦点となりつつあった。製品開発費用のかなりの部分は開発技術者の人件費であるが、製品の複雑化がすすみ、製品原価に占める開発費の比率がますます上昇していた。

30

このような状況の中で、自動車業界などで注目されているひとつの運動は、製品開発プロセスのフロント・ローディング（前倒し）化である。さまざまな部門の担当者が密接に調整

をとりあうという特徴をもつ日本の製造業であったが、その一方で、プロジェクトの後半で非効率な設計変更がおこることは少なくなかった。その原因として、問題点を見落としてしまうこと、コミュニケーションにあいまいさがあって正確に伝達されないこと、図面ができあがってからモデルを作成して解析にかけるために、コンピュータのシミュレーション技術

5 (CAE) の結果を迅速にフィードバックして設計の品質の向上に有効に使用していたことがあった。プロジェクト早期において、後工程に関わる問題を含めて、できる限り問題点を解決し、非効率なやりなおしを防ぐことがフロント・ローディングの意図であった。

開発工程の前倒しを阻害する要因に、製品開発が図面をベースにおこなわれていることがあった。図面においては、3次元の対象物を無理に2次元に展開するため、複雑な形状の場合、

10 設計者以外の担当者が理解するのに時間がかかったり、間違いを生んだりすることがしばしばあった。理解を助けるための問い合わせや調整のために費やす時間も膨大であった。その点、3次元CADで作成したモデルは、そこに何が書かれているのかは素人でもわかり、図面のようにあいまいさを残さず、製品設計データをそのまま金型設計に生かすなど工程間のデータの受け渡しや、機動的なコンピュータ・シミュレーション (CAE) も、設計途中で機

15 動的に検討することが可能であった。

新世代3次元CADは、未熟な技術であり、投資額も大きく、何より製品開発プロセスの改革を伴うため、全面的な移行を決断できる企業は少ないが、これを上手くとりいれなければ、将来、競争にたち遅れるとの危機感は確かに存在していた。

20 高速製品開発システム

インクスは、3次元CADをはじめとする情報通信技術を活用した製品開発プロセス改革の流れとともに歩み、発展してきた。単にラピッド・プロトタイプングを事業としてなりたさせるため3次元CADの普及啓蒙をおこなうにとどまらず、業界をあげてまだ試行錯誤の段階

25 にある製品開発プロセスの情報化を牽引する存在になることを目指していた。そのために、社内には製品開発の各工程に関わる専門の部署をおいていた (付属資料8：組織図)。

3次元設計

川上から川下まで一貫したデータで開発をおこなうための基本は、3次元設計である。現状では、3次元CADが利用されているケースにおいても、いったん図面で設計をおこなって

30 から、3次元でモデリングしなおすことが少なくなかった。いわば、手書きで原稿を書いて、ワープロで清書するようなものである。ワープロは普及するとともに文章を考えながら直接

入力する道具として使われるようになったが、3次元CADは、設計における試行錯誤に十分対応できるだけ使いやすくなっていなかった。加えて、2次元図面の書き方については、立体を3方向からみた平面図（3面図）に投影する製図法が確立していたが、いきなり3次元で設計する技法ははまだ確立していなかった。3次元設計は、図面ベースの従来の設計とは質的に異なったものであるはずである。インクスは、3次元設計の受注もおこなっており、その経験を生かして、3次元設計の技法を開発しようとしていた。

5

試作・解析実験の高速化

製品開発は、製品設計→工程設計→製造といった一方向のプロセスではなく、各段階において何度も、模型や試作、シミュレーションモデルをつくり、テストを繰り返すことが欠かせない。製品がひとつ開発されるのに、粘土、木、発泡スチロール、プラスチックなどで作られる模型、量産製品に近い素材で作られるエンジニアリング試作、工場のラインで量産に近い条件でつくられる量産試作が何度も製作される。エンジニアリング試作の場合、1回の製作にコストは100万円から数千万円、期間は2週間から1ヶ月はかかる。

10

試作に関わるコストと期間短縮は、業界でも焦点になっていた。試作のコストと時間のロスの大きな原因は、デザインの図面、製品設計の図面、試作ための図面がそれぞれ別個に存在し、データの連続性がないことにあった。3次元CADデータをベースにすることによって、形状と意図を正確に伝え、試作工程を効率化することが考えられていた。（付属資料2：3次元データベースの製品開発プロセスの理念形）

15

3次元モデルを出力して実物を成型するラピッド・プロトタイピング技術は、試作効率化のひとつの手段である。ラピッド・プロトタイピング技術は実際にはさまざまな利用方法があった。第1は、デザインを確認するための模型、あるいは、エンジニアリング試作の部品を直接利用する方法である。第2は、試作用の簡易金型をつくる用途である（ラピッド・ツーリングと呼ばれる）。第3は、製品のマスターをラピッド・プロトタイピングで成型し、それをゴムでかたどって試作用の簡易金型をつくる方法（真空注型）、あるいは、鋳造用の型をつくる方法である。これらの技法については、インクスは、ラピッド・プロトタイピングのサービス・ビューローの草分けとして、深い経験の蓄積をもっていた。

20

25

3次元データによる試作の効率化は、ラピッド・プロトタイピングだけではなかった。用途によっては、3次元データを数値制御（NC）データに出力して、部品を直接高速切削する方が効率的であった。インクスは、3次元データを連動させて、15万回転/分を実現する高速切削機械を独自に開発していた。

30

3次元データがベースになれば、コンピュータ上でバーチャルに試作をおこなう機能、す

なわちコンピュータによる各種の解析（CAE）もますます重要な分野になるはずであった。いままでのように解析用のデータを図面に基づいてつくるのではなく、3次元設計のデータをそのまま、機動的に解析に生かすためには、ノウハウと技術的な進歩が必要であった。インクスは、解析の専門家を採用するなどして、この分野の増強をはかっていた。

5

金型製作の高速化

試作の次は、量産金型の製作の高速化であると、山田社長は考えていた。量産品の場合、3次元で製品設計をおこなっても、それが正確に金型に反映されなければ、発売される製品は違うものができてしまうわけで、3次元で厳密に設計をおこなった意味がなくなってしまう。また、金型製作にかかる日数とコストを短縮できなければ、開発期間とコストの劇的な削減にはつながらなかった。

10

1996年の日本の金型生産量は1兆5822億円、従業者数96,626人、事業所数6,515（工業統計表）で、世界の44%のシェアをほこり、技術的にも世界のトップであった。日本における金型設計・製造を支えている業者は、事業所ベースで92%、生産額ベースで51%が従業員30人未達の小規模な企業であり（工業統計表）、製品設計の図面に描かれている意図を汲み取って精密な金型を仕上げることにかけては、高い技術力をもっていた。しかし、金型製作を支えてきた職人は、高齢化が進み、金型製造業者の数は減少する一方であった。また、小規模業者に3次元CADデータへの対応を求めることには無理があった。

15

インクスは、高速金型研究室を設置し、従来の3分の1から5分の1の期間で金型を設計・製作する実験をおこなっていた。製品設計のデータをもとに、3次元CADで金型設計をおこない、工作機械にデータを出力して、材料加工をおこなう。長年、職人の経験と勘に頼ってきた金型製作のノウハウをとりこみ、しかも、システム化によって圧倒的に期間を短縮するのがインクスのねらいであった。すでに、製品設計図の出図からできあがるまで従来1ヶ月かかっていた金型を、1週間で製作することに成功していた。

20

今後は、徐々に金型の高速製作の受注を増やしていく予定であった。しかし、インクスは、金型メーカーになるつもりはなかった。金型製作のノウハウを蓄積するため、当面は、社員が自社所有の高性能な工作機械を使って製作するが、将来的には、蒲田・川崎周辺に密集する既存の金型製造業者との協力関係を築いていくことを考えていた。現在、金型製造業者の平均設備稼働率は20%ぐらいであり、これを60%にあげるだけで大幅なコスト削減になる。金型費は、10分の1になるとインクスでは見積もっていた。

25

30

インクスが提供しようとしている高速金型製造システムは、金型製造を職人芸とみなしてきた長年の認識に挑戦するものであった。インクスは、金型製造プロセスを、材料調達も含

めてすべてシステム化し、人間の判断と熟練を必要としない工程につくり変えようとしていた。山田社長は、それが可能だと確信していた。

また、新世代3次元CADは、製品設計中心に考えられており、金型設計に必要な機能が不足していた。また、金型の中心部は、製品モデルを立方体から引算して製品の型をとるのであるが、もともと複雑にできあがっている製品モデルを引算するのは、しばしば計算上困難で、簡単に抜けないことがたびたびあった。金型設計データは、製品設計の2割から3割増しのファイル・サイズになり、重くなるのも問題であった。設計変更にも耐えられる履歴を含んだデータの場合には、数十倍にもなる。

インクスは、中小企業庁の委託をうけて、金型設計・製作支援用の3次元CAD/CAMシステムKATA CADの開発にとりこんでいた。KATA CADは、セル・モデラーというインクスが独自に開発した理論にもとづき、既存のCADよりも、製品データから型をとる操作が容易で高速に処理できるという特徴をもっていた。

通信インフラストラクチャと教育

開発図面を企業間で交換する時代になると、たちまちボトルネックになるのは、通信回線の容量であった。CADデータは、電子メールやWWWで使われるような画像ファイルよりもはるかに容量が大きい。自動車1台の部品は約2万点あり、その設計データは、約40テラ(兆)バイト、1.44MBのフロッピーにして約4000万枚に相当する。これだけの情報を流通させる通信インフラストラクチャは、一私企業の力では整備できない。

1996年より3年間にわたって、インクスは、郵政省の外部団体通信放送機構の進めるオブジェクト通信技術プロジェクトに研究員を派遣し、3次元データを通信回線で受送信し、製品設計と金型製作をスムーズにおこなうために必要とされる情報通信インフラストラクチャの要件を洗い出す作業をおこなっていた。山田社長は、全国の製品開発技術者の50%が集中する東京都西部と神奈川県に重点的に光ファイバーを設置し、中小企業でも、コンピュータ・ネットワークで、データ通信を安価に利用できるようにすることを提言していた。

また、工業情報化をすすめるためには、物理的なインフラストラクチャだけでなく、人材の育成がかかせなかった。日本では、3次元CADを教えている高校、大学は非常に少なく、金型製作をシステムティックに教える教育機関もなかった。インクスでは、高校や大学で3次元CADの授業を担当し、将来日本の製造業を支えることになる人材の育成を後押ししようとしていた。また、金型技術者の再教育も含め、金型を理論的に体系立てて教育する学校の設立を構想していた。

社内システム

社内の情報化

社内には、ラピッド・プロトタイプングや3次元CADモデリングを受注するたびに膨大な
5 量の技術データが蓄積されていた。技術データは、価格や数量、納期などの受注を管理する
データや、人や設備の稼働状況のデータと連動させたときに大きな力を発揮する。インクス
では、この3種類のデータをオーダー単位で一元管理して、人や設備何か異常値がでたとき
に原因を探求し、会社全体の健康状態をチェックするシステムを構築していた。

また、社員一人一人がデータを体系的に入力し、活用しなければ、データは生きてこない。
10 そのために、インクスは、1996年には、パソコンを社員に一人一台配布して、すべてをネッ
トワークにつなぎ、パソコンから社内データベースにアクセスし、社員が一日の就労時間を
各オーダーに割り当てて、個人ベースで損益を明確にするしくみがつくられた。同時に、デ
ータベースだけでなく、電子メールやブラウザー、ワープロ、表計算、プレゼンテーショ
ン・ソフトなど一般業務用のアプリケーションも全社員が使えるようにし、データの活用と
15 相互のコミュニケーションに役立てていた。

人材獲得とインセンティブ

知識集約的な事業においては、いかによい人材を集め、積極的に働くインセンティブを与え
るかが死活問題である。山田社長は、インクスが成長するにつれて新たに必要とされる各分
20 野の専門家とやる気のある若手を次々に採用していった。インクスは、一般には知名度はな
いものの、取引先のほとんどは2部上場以上の企業であり、3Kのイメージが強い製造業の
イメージとはかけ離れ、瀟洒なオフィスで最先端の技術に携わることができるとあって、人
材獲得は順調であった。

山田社長は、社員を動機づけるには、学生時代の同級生よりもよい給料をとっていること、
25 よい環境で仕事ができること、自分のやっている仕事の大切さを認識できることが大切だ
と
思っていた。山田社長は、あなたがやっている仕事は大切だと説くだけでなく、具体的な出
来事や事例で納得させるようにしていた。例えば、情報化で最先端と呼ばれている大企業が
インクスにCADを習いにくれば、自分たちは、今トップレベルの技術をもっているのだと、
誇りをもつことができる。それに加えて、社長の予言した通りに世の中が動いている、とい
30 う信頼感が社内に醸成されていた。

社内は活気があり、深夜までの残業をいとわない雰囲気があった。しかし、今までは社長
の目が社員一人一人にまで届く規模であったが、1998年4月には、新入社員を32名採用して

総社員数が120名に達するなど、そろそろ、若い企業のエネルギーだけではすまされない経営管理上の問題が顕在化してくることが予想された。

山田社長は、3年後に、店頭公開を果たすことも視野に入れ、公認会計士の資格を持つ人材を採用して、社員に会社の成長に寄与するインセンティブを与える制度を、検討中であった。

5

オープン&パブリック

山田社長は、インクスのポリシーとして、「オープン&パブリック」を標榜していた。

情報技術を活用しつつ製品開発のプロセスを改革していく運動は、業界全体の関心は高いものの、まだ具体的なイメージは暗中模索の状態にある。このような状況では、インクスとしては、情報を自ら公開し、顧客と一緒に研究するという姿勢を持つことを宣言することによって、まず市場を育てていく必要があった。インクスは、ホームページで初心者向けの技術情報を掲載して業界の啓蒙をはかるとともに、月8万円の会費でエンジニアリングサポート契約を締結した会員については、最新の技術情報を閲覧できるようにしていた。例えば、ワークステーションの新製品ができれば、すぐインクスで試用して評価をおこない、その結果を公表していた。評価基準はオープンにし、読んだ人が同じ条件で再試験できるようにする。

10

15

また、契約した会員からは、技術的な問い合わせを電子メールでうけつけており、その内容は、質問者の所属情報等を隠した上でQ&Aとしてホームページ上に蓄積する試みもおこなっていた。

ホームページでは、技術情報の他にも、ラピッド・プロトタイピングの標準的な価格と納期を、製品名、寸法、造形時間とともに一覧表示したり、受注したラピッドプロトタイピングのリアルタイムの進捗状況を掲載し、プロセスの透明性をアピールしていた。(付属資料9：インクスのホームページ上に掲載されたラピッドプロトタイピングの価格表)(付属資料10：ラピッドプロトタイピングのスケジュール)

20

社内においても、社員が全社員向け、あるいは全管理職に一斉に同じメールを送るしくみを活用して、業務上で得た顧客のニーズやちょっとしたノウハウを交換しはじめていた。山田社長は、自ら頻繁にアクセスし、まめに返信し、会社のすすむ方向性をネットワーク上で共有し、志気を高めることに力を注いでいた。電子メールは、3日でヒーローをつくりだすことができる。いまや、新卒の新入社員が「金型をやりたい」と言い出すようになっている。通常、地味で3Kのイメージの強い金型を大卒の社員が自ら希望するなど、あまり考えられないことであった。

25

30

山田社長は、情報をオープンにすることによって自社の優位性が弱まるのではないかとい

う懸念はもっていなかった。情報は、知った瞬間にもう古くなっている。インクスは、業界よりもいつも一歩先に進んでいるという自負があった。

情報工業化

5

情報化社会というとき、最新の情報通信技術やソフトウェア産業、情報コンテンツ産業などが注目され、既存の産業の情報化が見落とされがちである。情報化社会においては、ものづくりがなくなるかといえばそのようなことはない。3次元技術、軽くてオープンなコンピュータ・ネットワークなど新しい道具を手にして、ものづくりを新しい環境に適応させる、

10 「情報工業化」こそが日本の生きる道であると山田社長は信じていた。産業革命が世界中の人々の暮らしを一変させたように、今、知的産業革命が進行しつつある。前回の産業革命のときは日本のスタートは100年遅れたが、今回は同時スタートである。

情報工業化によって、設計→試作・実験→金型という製品開発のコストは、これから10分の1になりうる。開発費が10分の1になって、十分価格が下がれば、消費者の関心は、いかに人とは違うものをもつかに移ってくる。かつて日本に世界一の座を奪われたスイスの時計産業がスウォッチなど、高付加価値商品で巻き返しているのがその例である。自動車も季節によって買いかえる時代がすぐ来るかもしれない。

15

そのような時代に貴重な資源となるのは、人間の知的生産能力である。3次元CADやネットワークを駆使する製品開発技術者は、新しい時代の職人である。彼らは従来のブルーカラー、ホワイトカラーの枠組みにあてはまらず、弁護士や医師などの専門職並の付加価値を生み出すだろう。インクスでは、現在でも、月500万円の利益をあげる技術者が多数存在していた。

20

25

来たる工業情報化時代において、インクスは重要な役割を果たす存在になることを自負していた。夢を達成するためにやらなければならないこと——知的生産をベースにして収益を上げるしくみづくり、顧客・協力企業との間のネットワーク、世の中を啓蒙し市場そのものを大きくする運動——は実験の連続でもあった。

30

1998年春には、現社員数の4割にあたる32名の新人が入社し、1年内には、都心一等地のビルに本社を移転する予定もある。マネジメント上の問題が次々に出てくることが予想されたが、山田社長は、インクスを、10年以内に売上1000億円の企業にするつもりであり、この程

度の困難で立ち止まっている暇はなかった。

参考文献：

読売新聞, 1998年1月10日, 社説.

中川威雄・丸谷洋二編著, (1996), 『積層造形システム－三次元コピー技術の新展開』, 工業調査会. 5

日経ベンチャー, 1995年9月号, 31-33ページ.

日経ビジネス, 1995年5月29日号, 34-35ページ.

日経メカニカル, 1995年5月1日号, 62-64ページ.

日経メカニカル, 1995年3月6日号, 12-39ページ. 10

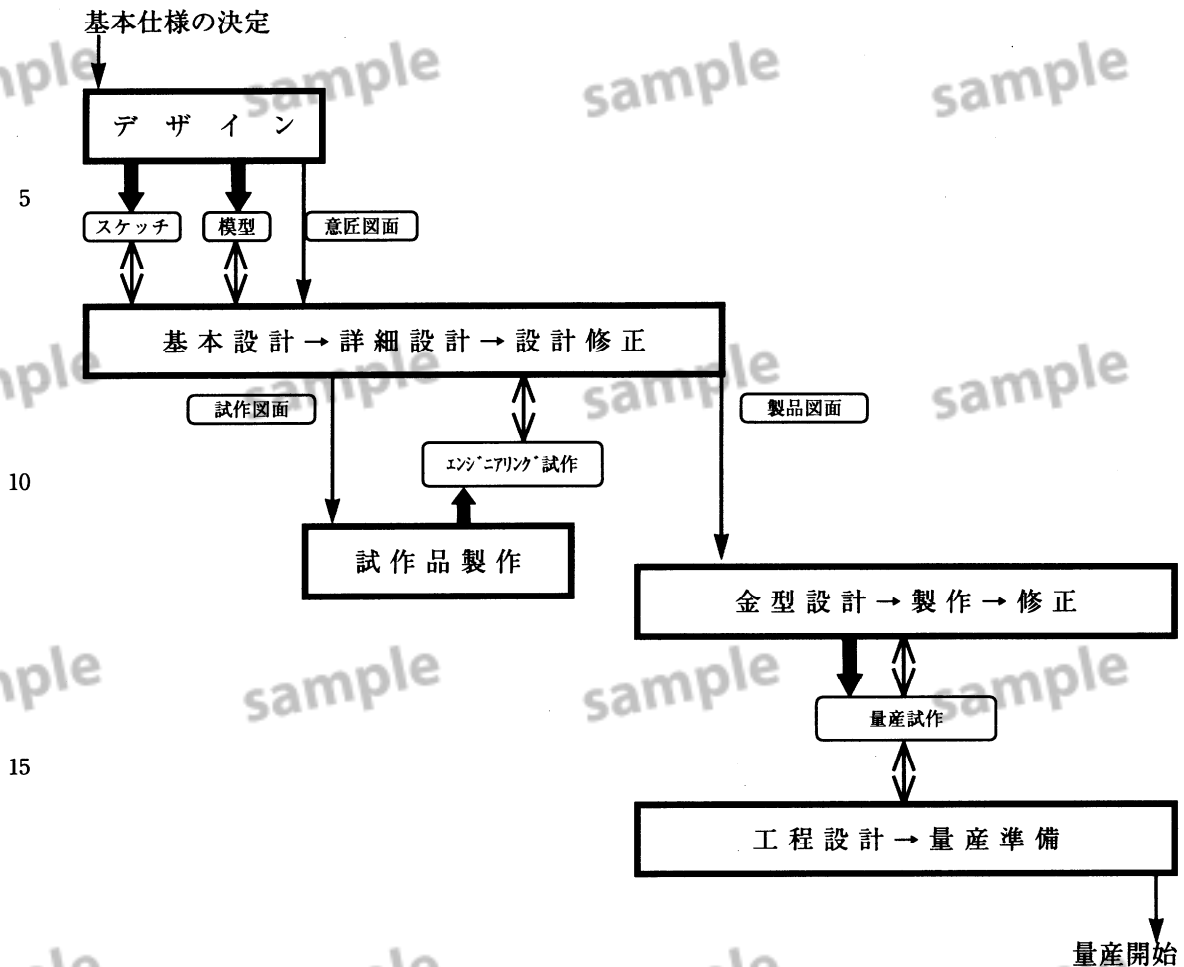
15

20

25

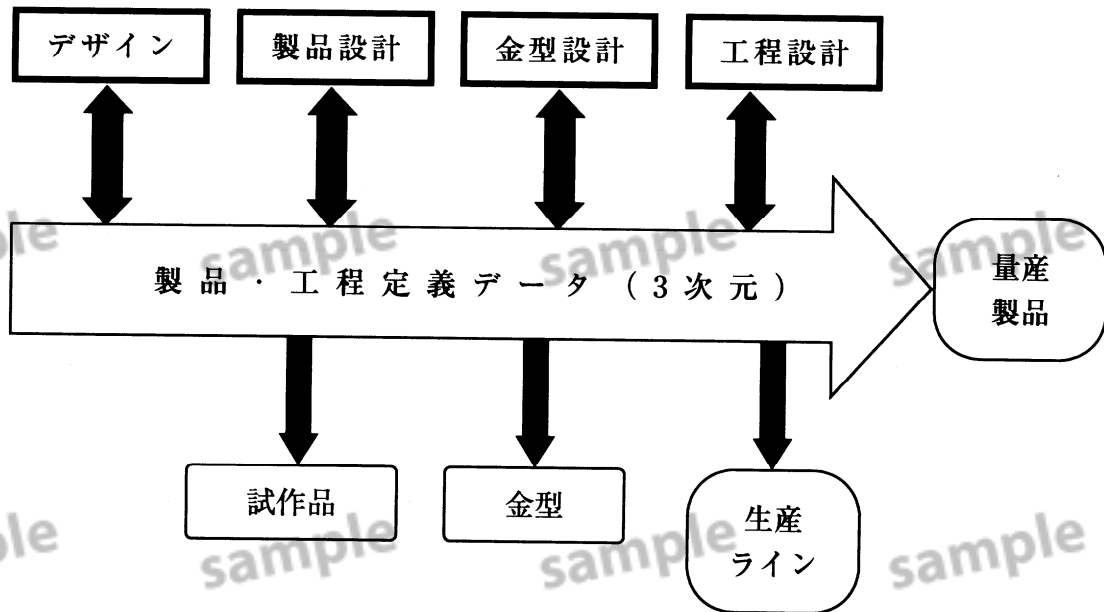
30

付属資料1：図面ベースの製品開発プロセス



- (1) 基本仕様の決定 製品の基本機能が決定される。
- (2) デザイン デザイン部門が製品の外形をデザインする。検討材料として、デザイン画や発泡スチロール、木製等の模型が製作される。最終的に1案に絞られ、製品の外形形状の図面（意匠図面）が設計部門に渡される。
- (3) 製品設計→エンジニアリング試作 デザインとオーバーラップして、製品構造の基本構造が決められ、各部品の詳細設計がおこなわれる。ひとつおり設計が終わると、設計図面に基づき、エンジニアリング試作がおこなわれる。この試作は、製作方法が量産よりも簡略化されている場合が多い。試作の結果をみながら設計図の変更がおこなわれ、品質が確かめられると、製品設計図が生産技術部門や製造部門、外注先に渡される。
- (4) 金型設計・工程設計→量産試作→量産開始 量産品の多くの部品は、金属やプラスチックを打ち出す金型によって生産される。生産技術部門や製造部門、金型製造業者は、製品設計図に基づき金型設計図を描き、工作機械の数値制御データを入力し、金型を切削する。同時に工程が設計され、生産ラインの準備がおこなわれる。金型は何度か試し打ちをし、製品設計通りの製品ができるまで修正を繰り返される。

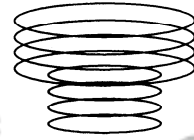
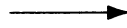
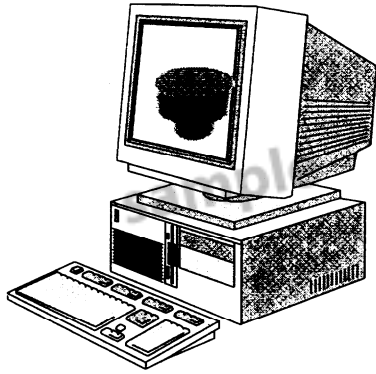
付属資料2：3次元データベースの製品開発プロセスの理念形



今まで、意匠図面、試作図面、製品図面、金型図面、NCデータ、模型、エンジニアリング試作品、量産試作品などのかたちでばらばらに存在していた、製品と工程（つくりかた）に関する定義を、3次元の一貫したデータ群におさめる。開発プロセスにおいて、試作品、金型、生産ラインなど物理的なものも生み出されるが、すべて、一貫した製品・工程定義データ群に基づいて生み出される。

付属資料3：ラピッド・プロトタイピングのしくみ

5

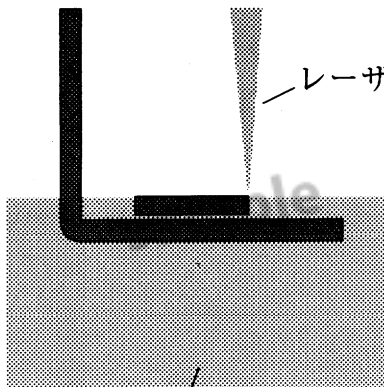
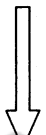


10

CADで入力されたデータ

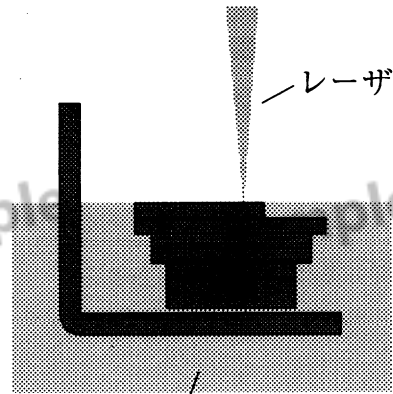
層状にスライスされたデータ

15



レーザー光線

光硬化樹脂



レーザー光線

光硬化樹脂

20

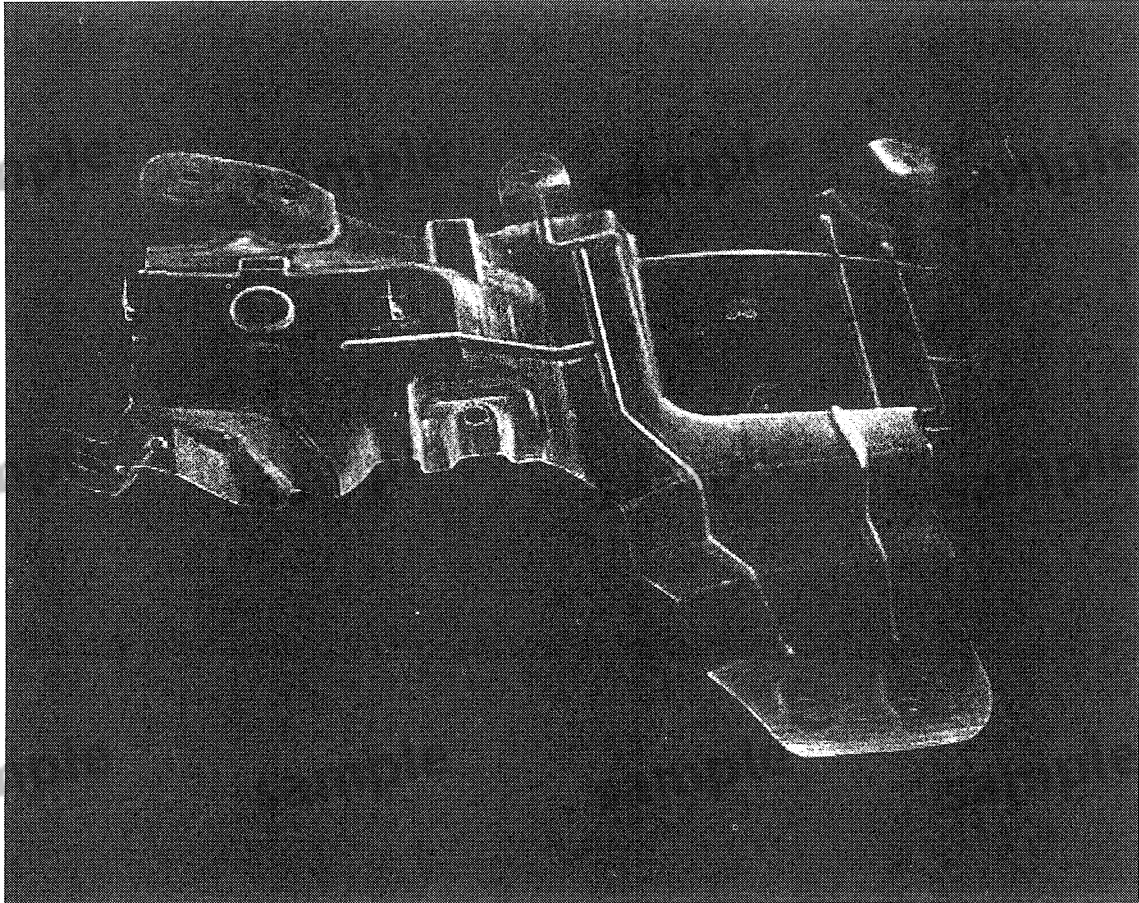
光硬化樹脂にレーザーをあてて、一層ごとに成形していく

25

30

参考：中川威雄・丸谷洋二編著, (1996), 『積層造形システムー三次元コピー技術の新展開』, 工業調査会

付属資料4：ラピッド・プロトタイピングの例



5

10

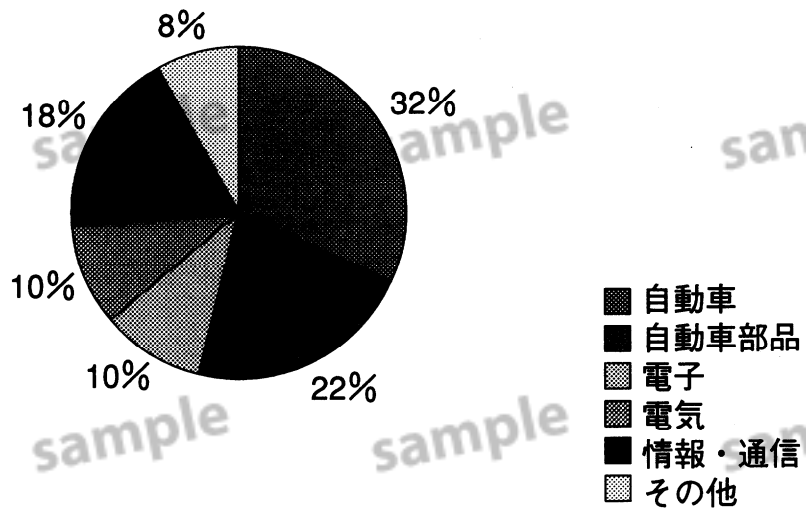
15

20

25

30

付属資料5：インクスにおけるラピッド・プロトタイピングの
業種別発注割合



付属資料 6 : 損益計算書と社員数推移

	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990
売上高	2,239,958	1,600,091	823,875	541,200	335,000	280,000		
商品原価	1,218,911	1,074,357	530,598	260,211				
期末棚卸高		34,274	35,968	18,636	16,401			
売上総利益		1,055,320	561,702	311,914	297,388			
販売費一般管理費		824,555	456,038	278,593	274,362			
減価償却費	70,532	24,600	16,711	757				
営業利益	230,764	105,664	33,320	23,025				
営業外損益		-24,937	14,064	-6,496	-8,449			
経常利益	205,827	119,728	26,824	14,576	10,800	5,900		
社員数	70	43	35	28	24	20	12	5

単位：千円

sample

sample

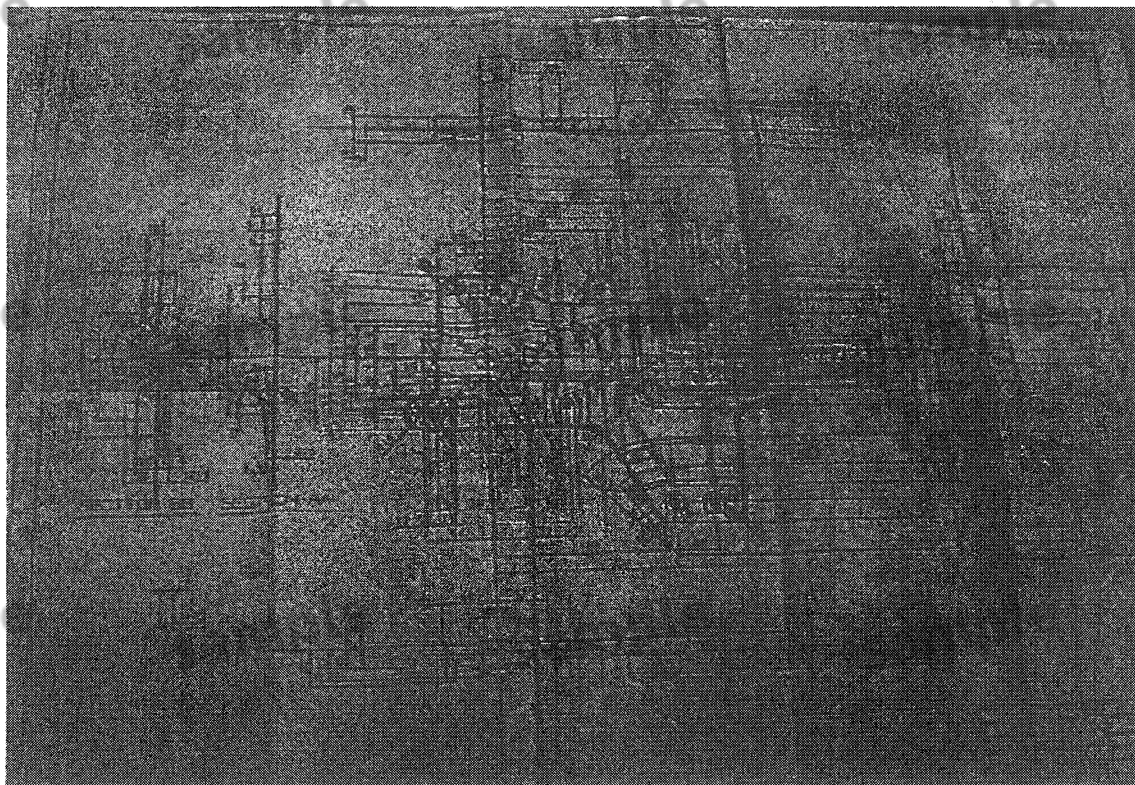
sample

sample

sample

付属資料7：図面とソリッドモデル

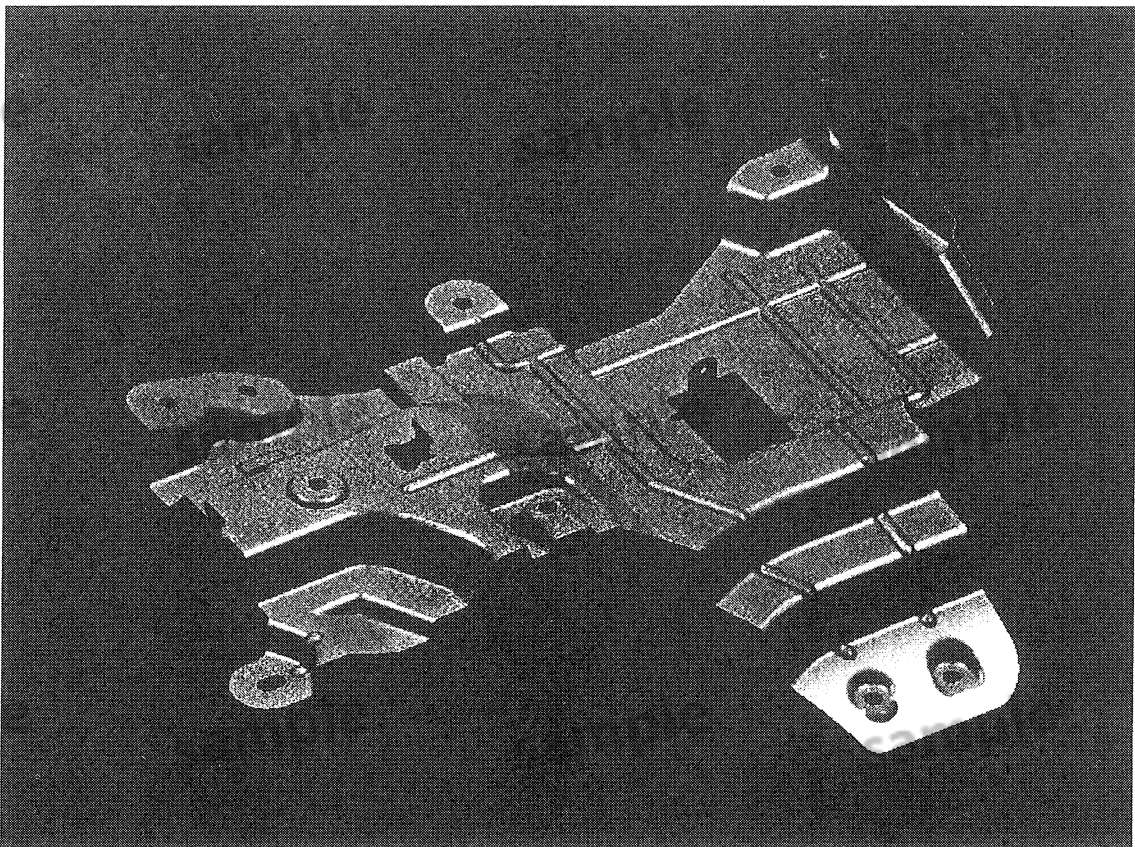
5



10

15

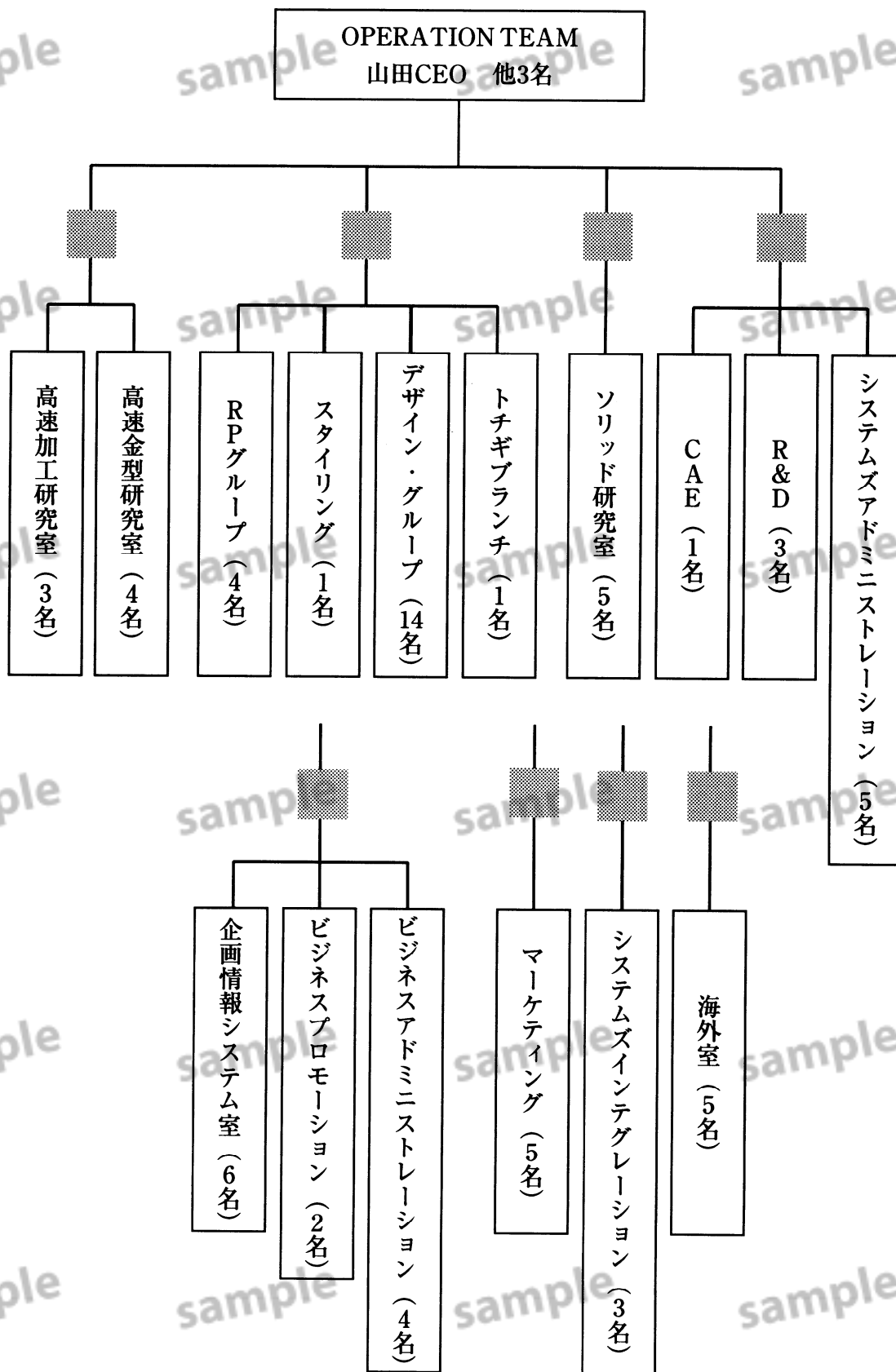
20



25

30

付属資料 8 : 組織図



付属資料9：インクスのホームページ上に掲載された
ラピッド・プロトタイピングの価格表

5

in c's | i n c | .

SLA price list

HOME

SLA プライスリスト

10



15

製品名	携帯電話
寸法	220×140×140
造形時間	34h
価格	¥400,000
納期	4日

20

インクスのホームページより掲載 (<http://www.incs.co.jp>)

付属資料10：インクスのホームページ上に掲載された
ラピッド・プロトタイピングのスケジュール

SLA schedule

HOME

SLA スケジュール

RP (ラピッドプロトタイピング) は、"速い"と"安い"が売りですから、納期遅れなどおぼてのほか、どうした者スから、品質の稼働状況を本ページ上にリアルタイムで表示して、お客様に提供いたします。実際に発注いただいたお客様は、お知らせの登録番号を、詳細な進行状況を確認していただけます。

1998年06月05日 午前10時更新

オーダーNo	納期	D-day	成形開始予定	成形	REMARKS
9800778	98/05/26	XXX	XXX	XXX	データ待ち Data Waiting
9800641	98/06/10	XXX	XXX	XXX	データ待ち Data Waiting
9800859	98/06/06	98/06/01	98/06/02	22:30	成形中 ON TIME
9800879	98/06/06	98/05/27	98/05/27	13:00	成形終了 ON TIME
9800881	98/06/08	XXX	XXX	XXX	データ待ち Data Waiting
9800901	98/06/11	XXX	XXX	XXX	データ待ち Data Waiting
9800916	98/06/05	98/05/30	98/05/30	17:00	成形終了 ON TIME

インクスのホームページより掲載 (<http://www.incs.co.jp>)

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

不 許 複 製

慶應義塾大学ビジネス・スクール

Contents Works Inc.