



慶應義塾大学ビジネス・スクール

株式会社インクス2001

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である。(会社案内より)

2001年の初夏、株式会社インクスの山田眞次郎社長は、東京都新宿区にある高層ビルの52階から都心のパノラマを見下ろしていた。山田社長は、時代の波——『情報工業化』と呼ぶべきもの——は確実に自分の方へ押し寄せてい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)を定義する情報を、個別に作成される図面ではなく、3次元の一貫したデータ

本ケースは、横浜国立大学竹田陽子助教授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。(改訂2001年7月)

に納めようとい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た。さらに、1998年12月には、量産製品の生産工程の要となる「金型」を3次元データに基づき従来の3分の1から5分の1の期間で製造する事業にのりだした。金型とは、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版を打ち出す原型で、いくら製品設計を3次元CADで精密におこなっても、そのデータが金型製造に生かされなければ意味がなかった。インクスは、今まで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し、アルバイトにでも金型設計、金型製造ができるシステムをつくり出して業界に衝撃を与えた。

10 金型事業への進出により、インクスのサービスは、設計から量産立ち上げまでの製品開発プロセスをカバーするようになった。今後、インクスが提供すべき付加価値は何で、どのように収益をあげていくべきなのであろうか。インクスの最大の強みは、3次元CADなどの情報技術と製品開発に関する深い経験と知識を持った上で、作業員に熟練と判断を期待しなくても成り立つシステムを構築できることである。インクスの金型事業では、アルバイトが従来職人や技術者にしかできないと思われた作業をおこなっている。インクスのラディカルとも言えるやり方は、長年現場の人間の知識に依存してきた日本の製造業に受け入れられていくのであろうか。

創業と発展

ラピッド・プロトタイピング

25 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。

30 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・
5 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
10 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企業の数も増えていったが、インクスの強みは、光造形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
15 あった。ラピッド・プロトタイピング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ないわけではなく、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・プロトタイピ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)。
20

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。
25

3次元CAD関連サービスへの広がり

ラピッド・プロトタイピ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・プロトタイピングをおこなうためには、3次元CADで製品が設計
30 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・プロトタイピ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。

ラピッド・プロトタイピ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かったことは、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次元設計の受託や3次元 CAD の教育、製品開発の3次元化のコンサルティングなど3次元 CAD に関連する諸事業への展開を可能にした。

5

発展

インクスの成長にはずみがついたのは1996年のことである。売上が前年度に比べて倍増して初めて10億円台にのり、経常利益は4倍以上の1億2000万円程度を確保した。このころ国内メーカーの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順調に市場が拡大していったのである。以降、売上は1999年を除いて35%～40%の成長率を確保し、売上拡大とともに経常利益率も徐々に上昇して、過去3年間は10%以上を維持している。2000年度の売上高は44億1294万円、経常利益は、4億8756万円であった（附属資料6：損益計算書と社員数の推移）。

10

15

1998年からは新卒の社員を有名大学の理系修士を中心に毎年33名ずつコンスタントに採用し、大企業の技術系や金融機関、経営コンサルティング等から優秀な人材を毎年4、5名程度中途採用している。1997年以来社員は、20～30人程度コンスタントに増加し、2001年春には180名に達している。

20

事業別の売上構成比は過去10年の間に大きく移り変わっている。最初の事業であったラピッド・プロトタイピングの比率は年々低下し2000年には17%にすぎない。光造形装置の販売もかつては大きな収益源であったが現在は11%である。ラピッド・プロトタイピング関連に続いて伸びたのは、3次元設計・モデリング、教育であった。3次元設計はコンスタントに需要が伸び、現在では15%程度を占めるようになった。3次元 CAD の教育は、3次元 CAD が日本企業に普及する過程で、外資系の多い CAD ベンダーには十分な教育事業をおこなう余裕がなかったため、一時は20%近くのシェアを占めるまで成長した。（その後、他分野の伸びで2000年度は4%になっている。）

25

さらに、売上が伸び悩んだ1999年から2000年にかけて起こった大きな変化は、コンサルティング事業が急激に伸びて21%に達したことと、新しく進出した金型事業が全体の3割近くに達したことである（附属資料7：事業別売上比率）。社内組織は主力事業とこれから重点化する事業に照準を合わせて、フラットな部門分けをおこない、常に変化させてい

30

た。(付属資料8：組織図)

3次元 CADの普及と製品開発プロセスの改革の動き

5 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。

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の作成した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9：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、再加工するのに非常に手間がかかった。複雑な製品を設計するとき、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・モデラーを発表し、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、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ー・メーカー大手のほとんど企業に採用されている。しかしながら、一部に3次元 CAD を採用しても、図面ベースのプロセスは根強く、3次元 CAD が製品開発の主力のツールとなっている企業はまだ数少ない。

- 5 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UGS社のUnigraphics、米SDRC社のI-DEAS（2001年5月にUGSに吸収されることが発表された）、米PTC社のPRO/ENGINEERがある。また、米ソリッドワークス社（仏ダッソー社の子会社）のSolid Worksをはじめとするミッドレンジと呼ばれるパーソナル・コンピュータ上で動く比較的な安価な3次元 CAD ソフトウェアも普及が始まっている。国産 CAD ソフトウェアは、ごく一部で使われているに過ぎない。
- 10

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。

- 15 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。
- 20

- 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。
- 25

- 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
- 30

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。

製品開発プロセスの改革

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。

5

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。

10

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なが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。

15

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、問題点を見落とししてしまうこと、コミュニケーションにあいまいさがあることで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（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えていなかったことがあった。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。

20

25

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、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

30

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、設計途中に機動的に検討することが可能であった。

- 5 新世代3次元 CAD はいまだ未熟な技術であり、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、多くの企業はなかなか全面的移行を決断することができなかった。しかし、これを上手くとりいれなければ、世界的な競争にたち遅れるのではないかという危機感は確かに存在していた。

10

高速製品開発システム

- インクスの事業はラピッド・プロトタイピングから始まったが、その目指すところは、1) 設計から試作、金型まで一貫した3次元データに基づき、2) 開発期間は従来の製品開発プロセスの1/10に短縮し、3) 設計、製造プロセスにおいて標準化・システム化できるところは徹底してこれをおこない、非熟練の人員によって作業ができるようにすること
- 15 にあった。

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。
- 20 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
- 25 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い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。

- 近年は、顧客企業が3次元設計をアウトソーシングする傾向が強まっている。自動車メーカーが共通の車台を利用して多くの車種を生み出していることに見られるように、多くの産業で、基本設計は同じにしてすばやくバリエーション展開をするニーズが高まっており、自社では3次元設計の作業が追いつかないのである。インクスは、長年顧客から3次元設計やモデリングの受託を受けてきたため、3次元設計の技法を蓄積しているという
- 30

強みがあった。社内には、1台1千万円近くするグラフィック・ワークステーションが約100台あり、CATIA、UNIGRAPHICS、I-DEAS、PRO/ENGINEERなどの主要な3次元 CAD はどれでも対応できる。また、インクスの社員が客先に行って一緒に設計をおこなうということも見られるになってきた。

1998年、インクスは3次元モデリングの人材派遣会社IES（インクス・エンジニアリング・サービス）という子会社を設立した。IESは経験者に加えて未経験者も採用し、3次元 CAD 教育事業のノウハウを生かして社内で4ヶ月研修し、すぐ実戦に出す。現在約140名の契約社員が登録されている。

試作の高速化

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。

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、試作の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)

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。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（1台4千万円から6千万円）の数は、光造形装置が24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。インクスでは、受注したラピッ

ド・プロトタイピングの作業状況を Web で公開していた。(付属資料 10：ラピッド・プロトタイピングのスケジュール)

金型製作の高速化

5 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ふ。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人未満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。

15 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。

インクスは、1997年ごろから従来の10分の1の期間で金型を製作することを目標に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

20 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。

金型製作の高速化をおこなうためには、金型用のCADの開発が必要であった、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

25 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。

そこで、金型事業への進出に先立ち、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を開発した。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。インク

30

業している。

作業プロセスだけでなく、金型の製造方法についても、インクスは思い切った革新をおこなっている。金型製作においては、通常は工作機械で削る切削加工のほか、複雑な形状については電極やワイヤから放電することによって金属を融解させて加工する放電加工という技術が使われている。しかし、放電加工は複雑な形状を加工できるが、加工に時間がかかることが難点である。例えば、携帯電話の場合、ケースの裏側の凸凹や角の部分などにそれぞれ電極を使い分ける必要があるため、電極作成だけでも2週間かかり、電極を150本交換しながら放電加工するのに500時間はかかる。インクスでは、放電加工をおこなわず、すべて切削加工で同じものを36時間で完了できるようにした。近年、毎分数万回転という従来のスピードよりもはるかに高い回転数で切削すると、精密な加工が可能になることが発見されていた。インクスは、歯科用機械メーカーのナカニシと共同で既存のマシニング・センター（自動制御の切削工作機械）にとりつけるだけで毎分5万回転の高速切削をおこなうことができるマイクロ・スピンドル・エンジンを開発し、1999年11月には一般にも発売している。また、工作機械メーカーのスギノマシンを加えた3社共同で高速スピンドル専用の小型のマシニング・センターを開発し、2000年4月に一般に発売した。それまでのマシニング・センターは1台3000万円以上もし、速いものでも3万回転、小型精密加工用の高速マシンはなかった。マイクロ・スピンドル・エンジンは一式百数十万円、小型高速マシニング・センターは1500万円程度であり、マシニング・センターは多大な投資が必要で、小型精密なものには使えないというそれまでの常識を破っている。現在、インクスの高速金型センターには、5万回転のマシニング・センターが16台と、さらに高回転のものが8台導入されている。

受注する製品はなんでもというわけではない。266×168ミリメートルの型を標準サイズとしており、このサイズ以下におさまる製品を受注している。型の組み立て方も標準化されており、製品によって製造プロセスが変わらないようにしている。また、素材は加工のしやすいアルミニウムで、主に開発途中の試作を短納期で手に入れたいという顧客向けである。生産立ち上げ時の量産を一部助けることもあるが、ほとんどが試作金型である。納品は、射出成形した完成品でおこない、金型そのものや金型設計データを顧客に渡すことはない。1つの型につき生産量は、数十個から数百個、初期量産の場合は千の単位になることもある。

現在、受注の7、8割は携帯電話の試作金型であり、主要な携帯電話メーカーのすべてと取引がある。携帯電話市場にフォーカスすることは工場設立当初から計画されていた。急成長をとげている市場であること、1つの製品につき金型の必要な部品が8個前後で比

較的型数が少なくすむこと、小型で精密であること、ライフサイクルが短いため納期が重要であること、嗜好性の強い商品なのでデザインを試す必要性が高いことなどがその理由であった。小型であるということは設備投資が比較的小さいということの意味するが、かつ精密が要求されるために誰でもできるものではないことがポイントであった。

携帯電話メーカー各社は、約半年毎のモデルチェンジの際、NTTドコモをはじめとする携帯電話会社に対していかに早く新製品をアピールして採用されるかを競っているため、通常1ヶ月かかる試作が2週間で完成できるインクスのサービスは大きな魅力であった。試作は開発部門の裁量で発注できるため、量産用金型と異なり、資材・購買部門のルールに従わなくてもすむこともインクスの参入を容易にしていた。インクスの金型を利用した試作は製品設計終了後1回つくられて、携帯電話メーカー内部の各部署と顧客である携帯電話会社に配られる。

今後は、国内の携帯電話市場の成熟によって、小型で精密な他の製品に取り扱い品目が広がっていくことが予想される。現在、携帯電話以外の製品としては、携帯端末やカーオーディオのフロントパネルなどを受注している。また、近年は試作といえども量産並の品質が要求されるようになってきているので、より一層精度の高い切削加工技術の研究をおこなっている。試作金型と同じシステム同じ納期で量産金型を製造することも不可能ではない。現在使用している試作用素材のアルミニウムに比べて、鉄などの量産用の素材は切削に時間がかかるという問題があるが、これが同じ期間で製作できるようになれば、将来的には、量産製品とまったく同じ品質の試作品が製作できるようになるかもしれない。

インクスは、金型を製造するためのシステムのノウハウを蓄積するために自ら金型を作っているが、生産量を拡大することを目的とはしていなかった。高速金型センターを大田区に作った理由は、このあたりに金型関連の工場が集積していることにある。いずれ、製造については近辺の金型関連業者の力を借りて、インクスはシステムを進化させることに力を注いでいくことを目論んでいた。しかし、今のところ、業界ではインクスの製造する金型は試作用の特殊なものに過ぎないと認識されており、周辺の業者と協力関係を結ぶ段階には至っていない。

社内システム

社内の情報化

社内には、ラピッド・プロトタイピングや3次元CADモデリングを受注するたびに膨大な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、人や設備に関して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。

- 5 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。そのために、インクスは、1996年には、パソコンを社員やアルバイト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、個人ベースでの損益を明確にするしくみを構築していた。同時に、データベースだけでなく、電子メールやブラウザ、ワープロ、
- 10 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、いかにより人材を集め、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、大卒、大学院卒の新人と、専門性を持つ経験者を次々に採用していった。インクスは、3Kのイメージが強い製造業のイメージとはかけ離れており、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。社員の平均年齢は20歳台であり、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。

- 20 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、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、という信頼感が社内に醸成されていた。山田社長は、社員全員に届くメーリングリストを利用して、自ら社員に頻繁にメールを送り、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
- 25 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。半年に1度行われる人事評価は、本人が上司と話し合いながら自己採点をおこなった上で、山田社長が一人一人面接をおこなって決定して
- 30

いた。

金型事業に進出してからは、金型設計に40名、金型製造に40名のアルバイトやパートを常に雇っている。アルバイトやパートに対しては、できるだけ短い期間で訓練でき、入れ替わりが激しくても運営可能なシステムをつくっていた。アルバイトに熟練と判断力を期待すれば、それ相応の報酬制度を考えなくてはならなくなる。

5

情報工業化

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、「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。

10

15

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。

20

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。

25

山田社長は、このような自らのアイデアを、広く世の中に伝えることにも力を注いでいた。「オープン&パブリック」がインクスのポリシーである。山田社長は、自社のWebサイトに徒然メールというコーナーを設けて自らのビジョンにつながる随想や情報を連載している。徒然メールを始めた初年度には1年間に250回もの更新をおこなった。この分野に関心を寄せている研究者やジャーナリスト、徒然メールの読者から送られてくる投稿も掲載していた。

30

日本の製造業の危機に対して方針を打ち出すべく、小淵内閣下で内閣官房に設置され

たものづくり懇談会には、山田社長もメンバーとして参加した。2000年5月に発表した提言には、ものづくりにおいて情報技術を活用し、長期間の経験の蓄積によって特定の人に身に付く「技能」を可能な限り再現性のある「技術」に置き換えるというコンセプトがもりこまれている。

5

金型事業の成功によって製品開発プロセス革新に自信を深めたインクスは、2000年からコンサルティング業務を強化した。従来からおこなっているコンサルティング業務と異なる点は、一部工程だけに関わるものではなく、顧客企業の設計、試作、金型のプロセスを根底から変える大規模プロジェクトを受注することである。顧客企業には、インクスが実績を積んできた独自の生産管理システムや、金型設計システム、高速切削技術も提供する。既存のプロセスを根底から覆すことは顧客企業にとっても大きな賭けであるが、すでに導入を決定した企業も出現しており、初年度でインクスのコンサルティング事業は9億円、総売上上の2割までに成長していた。

10

15

20

25

30

参考文献：

読売新聞，1998年1月10日，社説．

日刊工業新聞，1999年11月16日．

日刊工業新聞，2000年4月7日．

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，2000年1月号，38-39ページ．

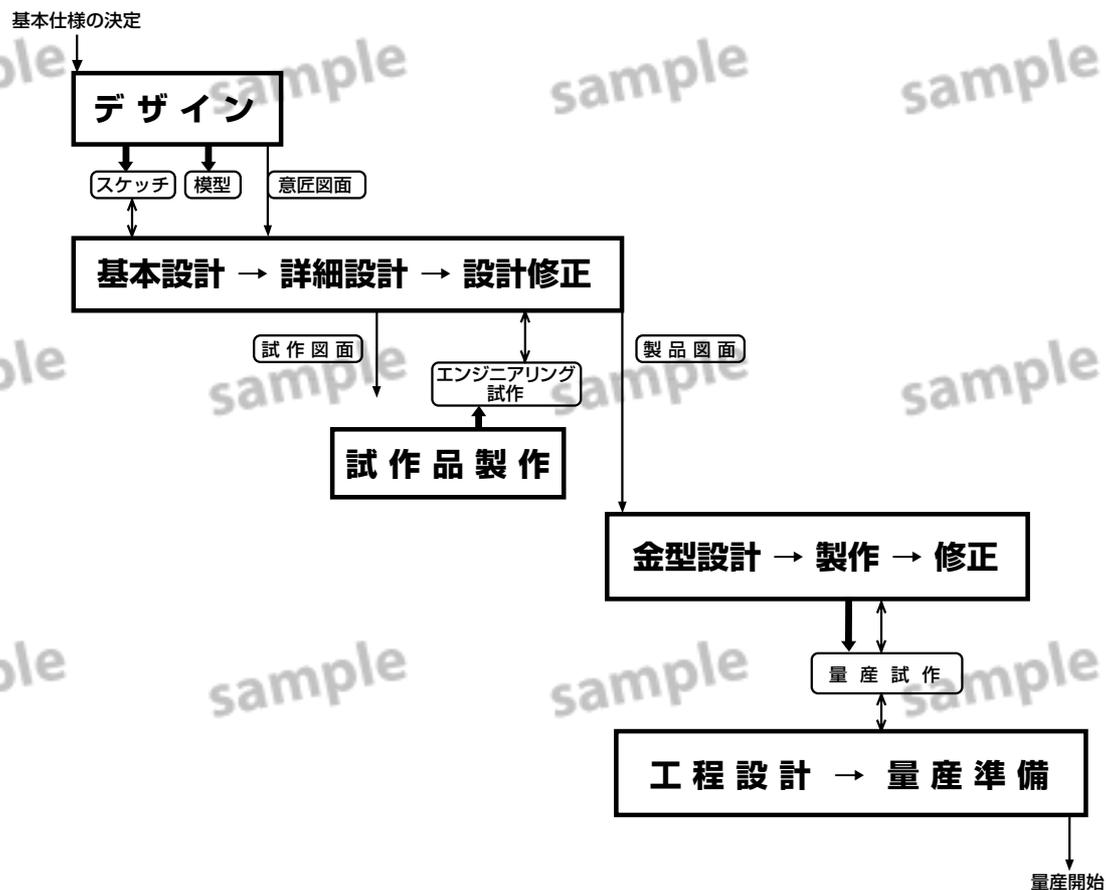
日経メカニカル，1995年5月1日号，62-64ページ．

日経メカニカル，1995年3月6日号，12-39ページ．

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．

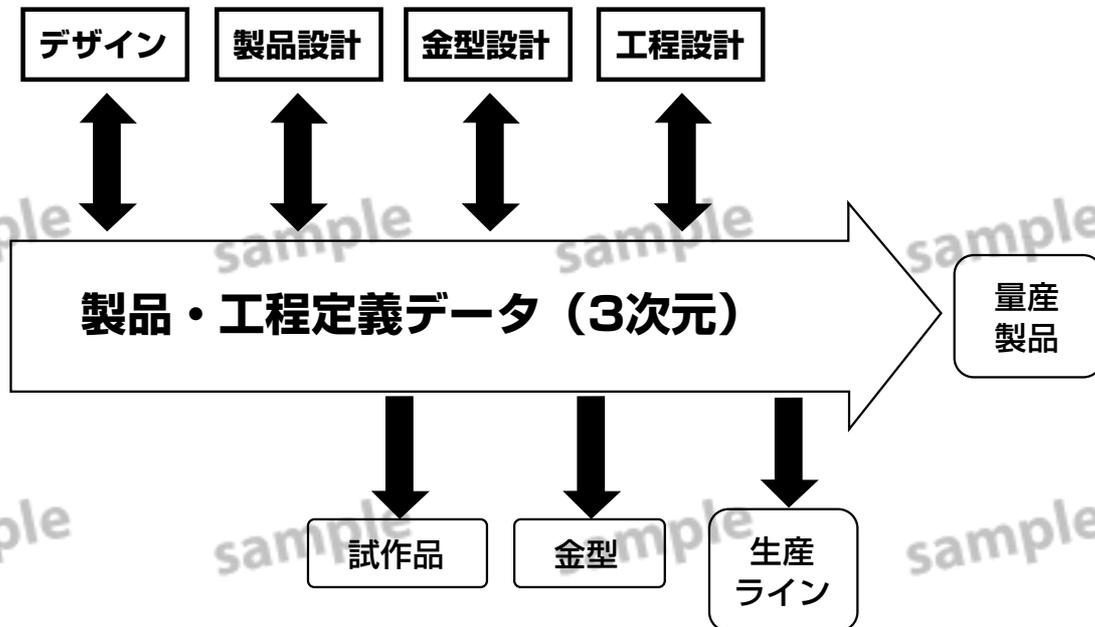
ものづくり懇談会，「ものづくり懇談会提言」，2000年5月16日．

付属資料1：図面ベースの製品開発プロセス



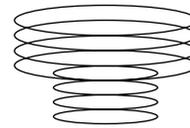
- (1) 基本仕様の決定 製品の基本機能が決定される。
- (2) デザイン デザイン部門が製品の外形をデザインする。検討材料として、デザイン画や発泡スチロール、木製等の模型が製作される。最終的に1案に絞られ、製品の外形形状の図面（意匠図面）が設計部門に渡される。
- (3) 製品設計→エンジニアリング試作 デザインとオーバーラップして、製品構造の基本構造が決められ、各部品の詳細設計がおこなわれる。ひととおり設計が終わると、設計図面にに基づき、エンジニアリング試作がおこなわれる。この試作は、製作方法が量産よりも簡略化されている場合が多い。試作の結果をみながら設計図の変更がおこなわれ、品質が確かめられると、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



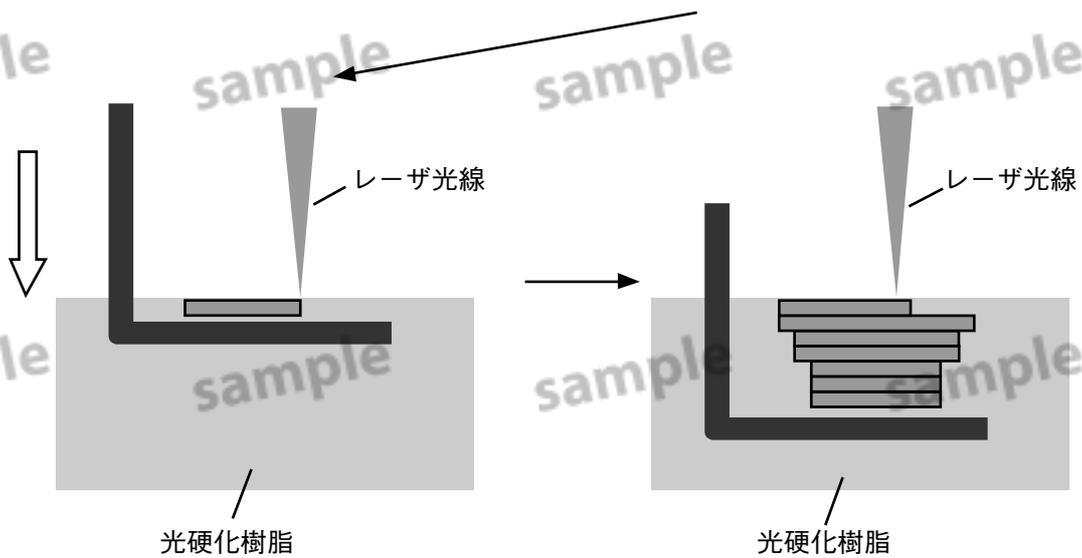
今まで、意匠図面、試作図面、製品図面、金型図面、NCデータ、模型、エンジニアリング試作品、量産試作品などのかたちでばらばらに存在していた、製品と工程（つくりかた）に関する定義を、3次元の一貫したデータ群におさめる。開発プロセスにおいて、試作品、金型、生産ラインなど物理的なものも生み出されるが、すべて、一貫した製品・工程定義データ群に基づいて生み出される。

付属資料3：ラピッド・プロトタイピングのしくみ



CADで入力された計上データ

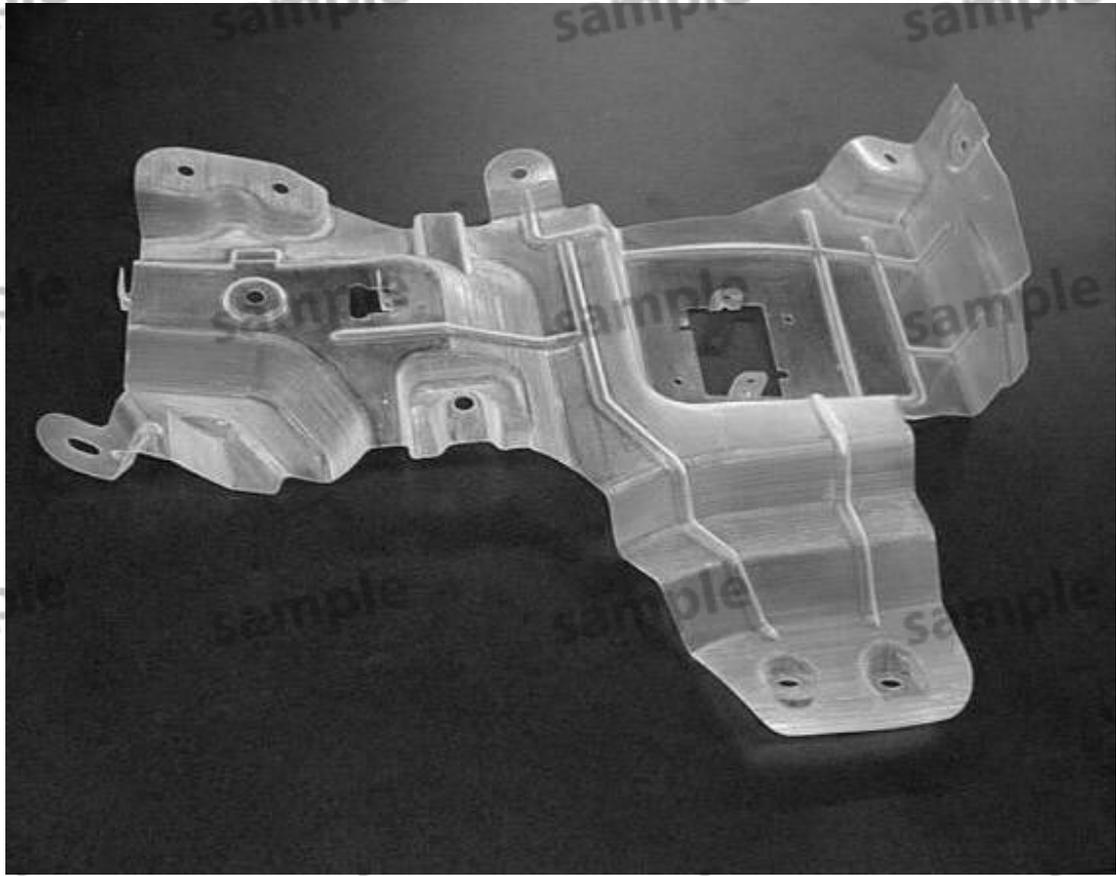
層上にスライスされたデータ



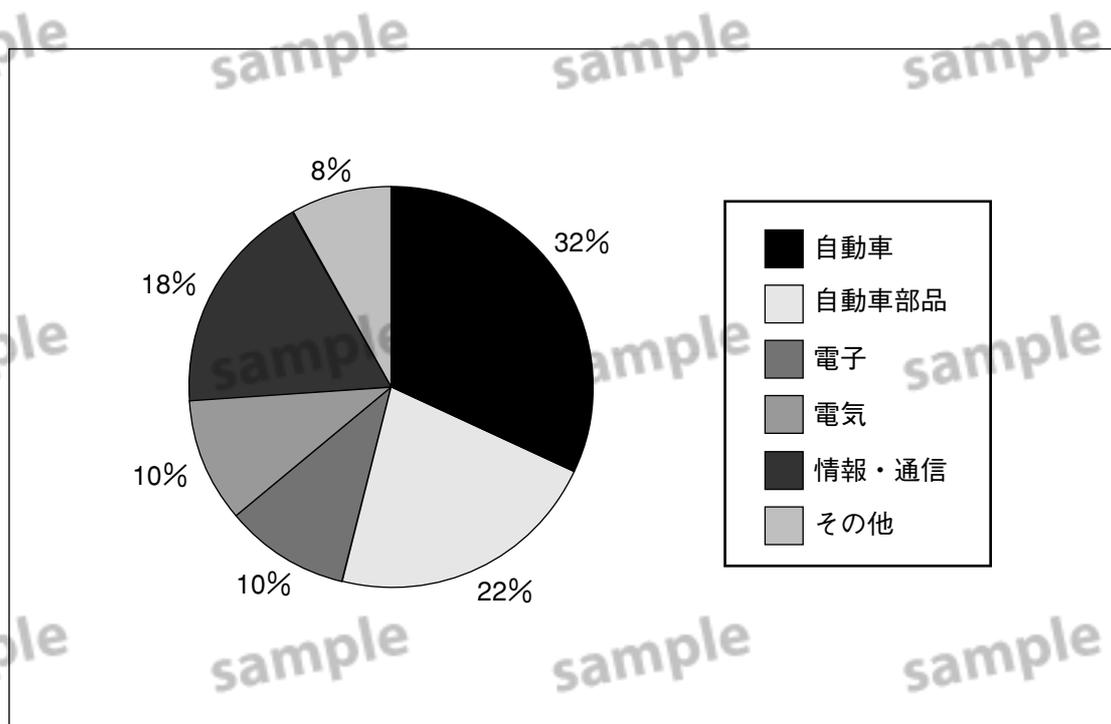
光硬化樹脂にレーザー光線をあてて、一層ごとに成形していく

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



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

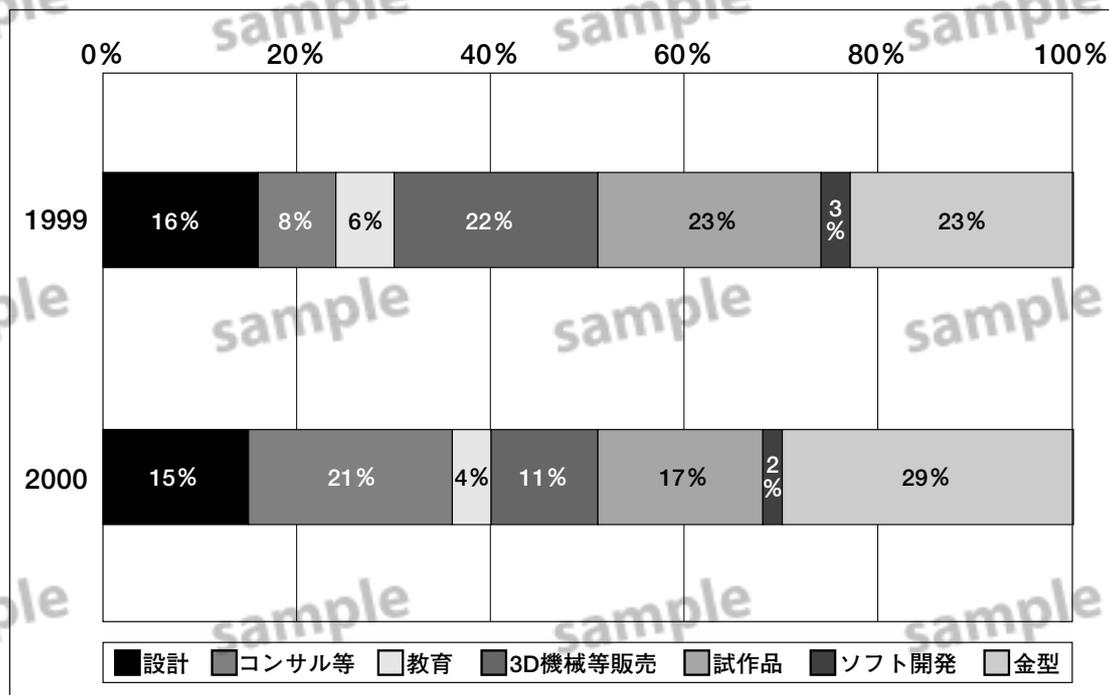


付属資料6：損益計算書と社員数推移

単位：千円

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
売上高			280,000	335,000	541,198	823,876	1,600,092	2,239,958	3,016,080	3,221,266	4,412,940
売上高総利益				297,388	297,388	311,914	561,703	1,055,320	1,204,306	1,313,360	1,673,364
販管費				274,362	274,363	278,594	456,039	824,555	855,303	937,146	1,085,606
営業利益					23,026	33,321	105,664	230,765	349,003	376,214	587,758
経常利益			5,900	10,800	14,576	26,825	119,728	205,828	309,477	331,118	487,556
税引前当期利益					13,043	33,525	92,260	136,907	293,771	331,118	487,556
当期利益					7,074	17,540	52,058	57,310	146,771	225,246	256,471
従業員数	5	12	20	24	28	35	43	70	96	117	143

付属資料7：事業別売上比率



付属資料8：組織図

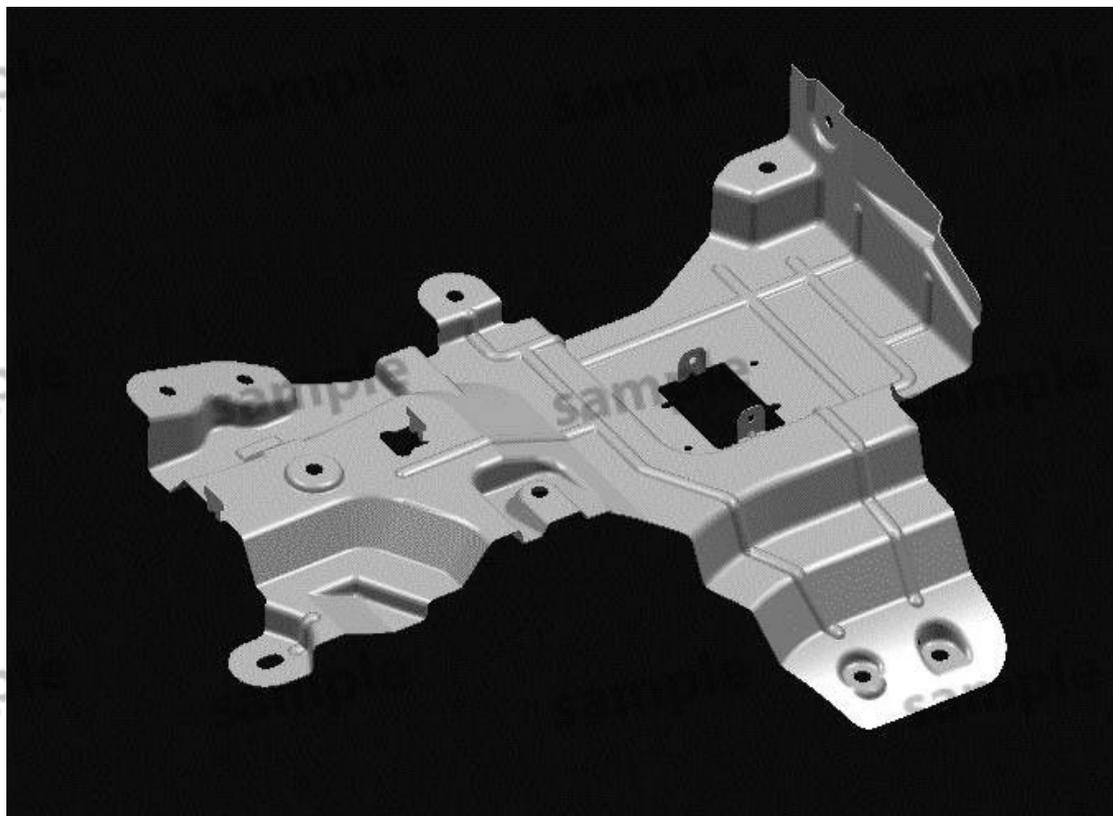
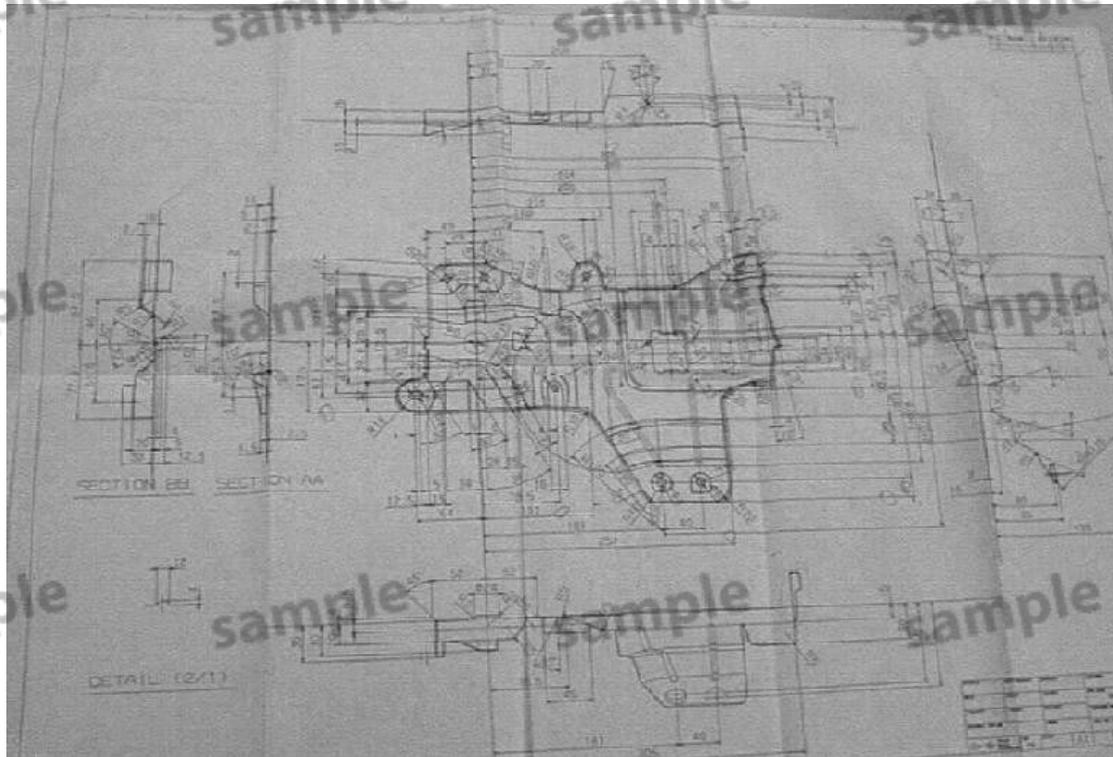
インクス組織図



- BG : Business Group 管理部門
- MKT : Marketing Group 営業部門
- AER : Advanced Engineering Research 製品設計・デザイン部門
- KC : Knowledge Center 3次元教育部門
- SRC : Solid Reality Center 光造形試作部門
- WWT : World-wide Tooling 高速金型部門
- SYS : System Group システム 開発部門
- R & D : Research & Development 研究開発部門
- CNSL : Consulting Group コンサルティング部門

INCS INC.

付属資料9：図面とソリッド・モデル



付属資料10：ラピッド・プロトタイピングのスケジュール

BUSINESS INCS OVERVIEW INFORMATION RECRUIT CONTACT 徒然 IES

SCHEDULE SRC

Last Updated: 01/06/28 10:00 am



ORDER No.	納期	D-Day	造形開始時間	状況	Remarks
0102570	01/06/29	01/06/25	01/06/26 04:41	造形終了	On Time
0102706	01/06/30	01/06/19	XXX	STAND BY	On Time
0102734	01/06/28	XXX	01/06/26 02:50	造形終了	On Time
0102745	01/06/28	01/06/22	01/06/23 21:46	造形終了	On Time
0102762	01/06/28	01/06/23	01/06/24 01:00	造形終了	On Time
0102776	01/07/02	01/06/27	XXX	STAND BY	On Time
0102777	01/07/02	01/06/27	XXX	STAND BY	On Time

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

sample

不 許 複 製

慶應義塾大学ビジネス・スクール

Contents Works Inc.