OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	工学的視点からの新規技術開発と技術経営的視点からの新規事業創出に関する研究
Author(s)	野村, 剛
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/27589
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

工ム9459

博士学位論文

工学的視点からの新規技術開発
と
技術経営的視点からの新規事業創出に関する研究

野村　剛

2012年11月

大阪大学大学院工学研究科

5760

博士学位論文

工学的視点からの新規技術開発
と
技術経営的視点からの新規事業創出に関する研究

野村　剛

2012 年 11 月

大阪大学大学院工学研究科

目　次

頁

第１章　緒言

１．１　研究の背景 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

１．２　研究の目的 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

１．３　研究の構成 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4

第２章　新規事業創出に関する技術経営戦略 ・・・・・・・・・・・・・・・ 6

第３章　工学的視点からの光学応用技術開発と製品化

３．１　後方散乱光受光検出方式による微細ﾊﾟﾀｰﾝ付表面付着微粒子検査装置の開発

３．１．１　はじめに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8

３．１．２　測定原理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9

３．１．３　光学解析 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・11

３．１．４　付着微粒子検出基礎実験 ・・・・・・・・・・・・・・・・・16

３．１．５　付着微粒子検査装置 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・19

３．１．６　まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・29

３．２　大深度光学式３次元センサーの開発

３．２．１　はじめに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・30

３．２．２　距離計測システム ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・31

３．２．３　円錐レンズ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・38

３．２．４　実験結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・40

３．２．５　まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・44

第４章　技術経営的視点からの新規事業創出

４．１　はじめに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・45

４．２　研究目的 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・46

４．３　先行研究レビュー ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・46

４．３．１　組織 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・46

４．３．２　開発リーダー ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・47

４．３．３　技術戦略 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・49

４．３．４　事業機会　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５０
４．４　研究のフレームワーク　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５１
４．４．１　新規事業の定義　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５１
４．４．２　新規事業の開発段階　・・・・・・・・・・・・・・・・・・５１
４．４．３　開発リーダー　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５２
４．４．４　技術戦略と市場適合　・・・・・・・・・・・・・・・・・・５４
４．５　研究方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５５
４．５．１　対象企業の特徴　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５５
４．５．２　調査方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５６
４．５．３　事例の選択条件と選択結果　・・・・・・・・・・・・・・・５６
４．６　事業化事例の分析　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５７
４．６．１　３次元デジタイザ　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５７
４．６．２　超高精度三次元測定機　・・・・・・・・・・・・・・・・・６１
４．６．３　３次元実装基板　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・６６
４．６．４　層間接続実装多層基板　・・・・・・・・・・・・・・・・・６９
４．６．５　高熱伝導シート　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・７４
４．６．６　血糖値センサー　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・７８
４．７　イニシャルセットアップと生産技術力　・・・・・・・・・・・・８３
４．７．１　イニシャルセットアップ　・・・・・・・・・・・・・・・・８３
４．７．２　生産技術力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・９１
４．８　結論　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・９２
４．８．１　総括　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・９２
４．８．２　本研究の限界と今後の展開　・・・・・・・・・・・・・・・９４
第５章　結言　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・９６
謝辞　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・９９
付録　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１００
参考文献　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１０３
本論文に関する発表論文リスト　・・・・・・・・・・・・・・・・・・１０７
本論文に関する特許リスト　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１０９

第１章　緒　言

1.1　研究の背景

今日の日本の製造業において,新規の技術開発は,盛んに行われてきているが,新規事業に至るまでの確率が低く，あるいは，新規事業があまり多く育っていない状況にある．技術は生まれて，事業が生まれないのはなぜかを解き明かすために，新規事業として成功した事例を研究しておくことは，わが国の産業戦略上，極めて重要である．

近年のエレクトロニクス分野，とりわけ，薄型 TV や携帯電話などデジタル家電の分野では，多くのメーカーが参画し，韓国，中国メーカーの台頭により，商品がコモディティー化し，競争が激化するとともに，商品寿命が短く利益確保が困難になってきている．

一方，これらの電気製品に使われている電子部品としてのデバイスは，付加価値が確保できる事業になっているが，その新規事業創出には，多くの年月を要している．また，製品開発やデバイスの製造に使われる，計測検査設備や加工設備については，工法とメカトロニクス，すなわち，工法と機構，制御技術の摺り合わせが必要なことから，日本や，欧米先進国での優位性が保たれ，付加価値が確保されている．

我が国のエレクトロニクス分野において,このような付加価値が確保できるデバイス事業や設備事業が，新規事業としてどのように生まれ，量産に成功してきたかを明らかにすることは,グローバルな競争力強化のために不可欠である．

また、製品開発やデバイス製造には，光学技術を応用した設備，たとえば，レーザー技術を利用した，計測検査設備や，除去加工，接合加工設備が広く活用されており，光学技術は，極めて重要な技術となっている．

そこで、本研究では，製品開発やデバイスの製造等に適用され，その応用範囲が広い光学技術を進化させるために，二つの学術的な研究を実施する.次に，新規事業として量産に成功した，設備事業２事例，デバイス事業４事例を技術開発から，量産に至った経緯について分析し,量産への成功の必要条件としての手法について提案する．

その際に，設備の1事例を上記の学術的な研究から量産事業化に至った成功事例として組み入れている．

まず,デバイスの製造分野や商品設計分野においては,下記のような，課題が存在している．

① デバイスの製造分野では，歩留まり向上が不可欠であり，その際，異物混入による不良が課題となっている．このような中，多くの光学原理が開発されてきたが，MEMSなどの基板上に存在する，複雑な回路パターンに影響されず,異物のみを高速に非接触で検出する技術が必要となっているが，ランダムパターンからのノイズなどにより異物のみの検出が困難であり，これを解決する技術が求められていた．

② 商品の設計分野において3DCADが普及し，デザイナーが考案したクレイモデル等の3Dデータへの変換や，3DCADで設計したものを加工機で製作し，加工物と3Dデータとの差異分析が重要となってきている．あるいは，実験で性能が出た3次元形状物を量産につなげるために，リバースエンジニヤリングにより，3DCADデータに変換することも重要になってきている．しかしながら，3Dデータにもとづき製作された物体の形状と3DCADデータの差の把握や3次元物体外観の3Dデータへの変換には，非接触で，高速な，大深度の高精度な3次元計測技術が必要であったが，その計測精度と計測深さの両立は，従来，困難であり，これを実現する技術が求められていた．

これらの課題を解決する手段として,広範囲に適用できる光学技術を活用し,進化させることが重要である．

また，上記②の課題を解決する技術が装置化され，設備の新規事業として量産に成功した経緯を分析することは，今後の，技術の創発から事業化への道程を示し，新規事業の成功確率を上げるという意味でも意義がある．

次に，新規事業の創出において，組織と戦略が極めて重要であると過去の研究で論じられてきた．

組織としては，開発リーダー，開発トップ，経営トップ，開発リーダーの周囲の人々の存在や関与,行動が重要であると論じられてきたが，設備やデバイスの新

規事業創出において,特に，開発リーダーについて,その資質と重要度の関係，資質と役割,人物の発掘方法,投入方法については，研究されていない.

戦略として，特に技術開発戦略が重要であり，多くの研究もなされてきたが，上記,設備やデバイスにおける技術開発戦略と市場と適合方法,困難の克服方法，新規事業として量産に至る研究はなされていない.

そこで,本研究では,設備やデバイスの新規事業創出において,組織と戦略の視点で分析していく.

1.2 研究の目的

本研究では，第一に，製品やデバイスの製造に不可欠で，その製造設備にも，広く活用されている，光学技術に着目する．まず，波動光学を進化させて，①従来にない計測方法を用いて,パターン付の.ウエハー表面に存在する異物を高速に検出する新規技術とその装置化について論じ，次に，幾何光学を進化させて，②外観形状を３DCADデータに取り込むための，非接触，高速，大深度を高精度の両立できる光学原理を利用して開発した,3次元センサー技術について論じる.

第二に，上記の内，②の技術開発によって得られた設備の１事例とそれ以外の設備の１事例の新規事業２事例と，デバイスの新規事業４事例の合計６つの成功事例を取り上げる.そして,それらの新規事業創出の履歴を調査分析し,その条件について，組織としての，開発リーダーの投入のあり方や，戦略としての技術開発と市場適合性を検証し,新規技術開発から新規事業創出までの方法論を提案する.

本研究の目的は，エレクトロニクス分野における，付加価値が確保できる設備やデバイス事業において，製品やデバイス製造に不可欠な計測検査分野での光学技術を進化させるとともに，その一部を活用した設備，デバイス分野の新規事業創出をどのようにして進めるのか，新規事業創出の方法論を提案することを目的とする.

1.3 研究の構成

本論文の構成を，図１―１に示す.

第１章では，研究の背景，目的，構成を示す.

第２章では，新規事業創出に対する技術経営戦略について本研究の意義,戦略パターンとして,開発トップからのトップダウン戦略,現場からのボトムアップ戦略,そして,市場のニーズから始まるニーズプル戦略,技術者の発案で始まるテクノロジープッシュ,また,技術の持続的イノベーションや,破壊的イノベーションについて説明する.

第３章では，トップダウン戦略であり,かつ,市場のニーズから始まるニーズプル戦略による,工学的視点からの技術開発研究として，光学応用技術開発と製品化に係わる研究を論じる．３.１では，波動光学の観点から，「後方散乱光受光検出方式による微細パターン付き表面付着微粒子検査装置の開発」として，低角度の後方から，S偏光のレーザー光を照射し，パターンからのS偏光をノイズとして削除し，異物からのP偏光の散乱光のみを検出する高速な微粒子計測技術を開発について論じる.３.２では，幾何光学の観点から「大深度光学式３次元センサーの開発」として，円錐レンズと，三角測量方式を採用して，大深度と高精度の両立を実現し,その技術開発について論じる.この技術を活用することにより，３次元デジタイザを新規事業として創出した.

第３章の１.,２.の技術開発は,トップダウン戦略による新規事業創出であるので,それらを代表して,３次元デジタイザを設備のトップダウン戦略による新規事業創出の事例として,第４章で取り上げる.

第４章では，技術経営的視点で,新規事業創出の「組織と戦略」について
新規事業の特性を考慮し，設備事業として，

① ３次元デジタイザ（第３章の２.の技術の活用）

② 超高精度３次元測定機

デバイス事業として，

③ ３次元実装基板

④ 層間接続実装多層基板

⑤ 高熱伝導シート

⑥　血糖値センサー

を取り上げる．

これらの，６事例の新規事業について，それぞれの事業開発プロセスを,経営トップからの指示で開発されたトップダウン戦略形成プロセスによる新規事業と，現場主体で開発されたボトムアップ戦略形成による新規事業の２つのプロセスに分類し，

①組織として，開発リーダーの資質と重要度,資質を身に付けた時期

②戦略として，技術戦略と市場適合の方法

について，先行文献での調査を行うとともに，開発リーダーへのアンケート及びインタビューをベースにして調査及び分析を行い，それから導かれた設備およびデバイスの新規事業創出の方法論を論じる．

また,第５章は,結言である．

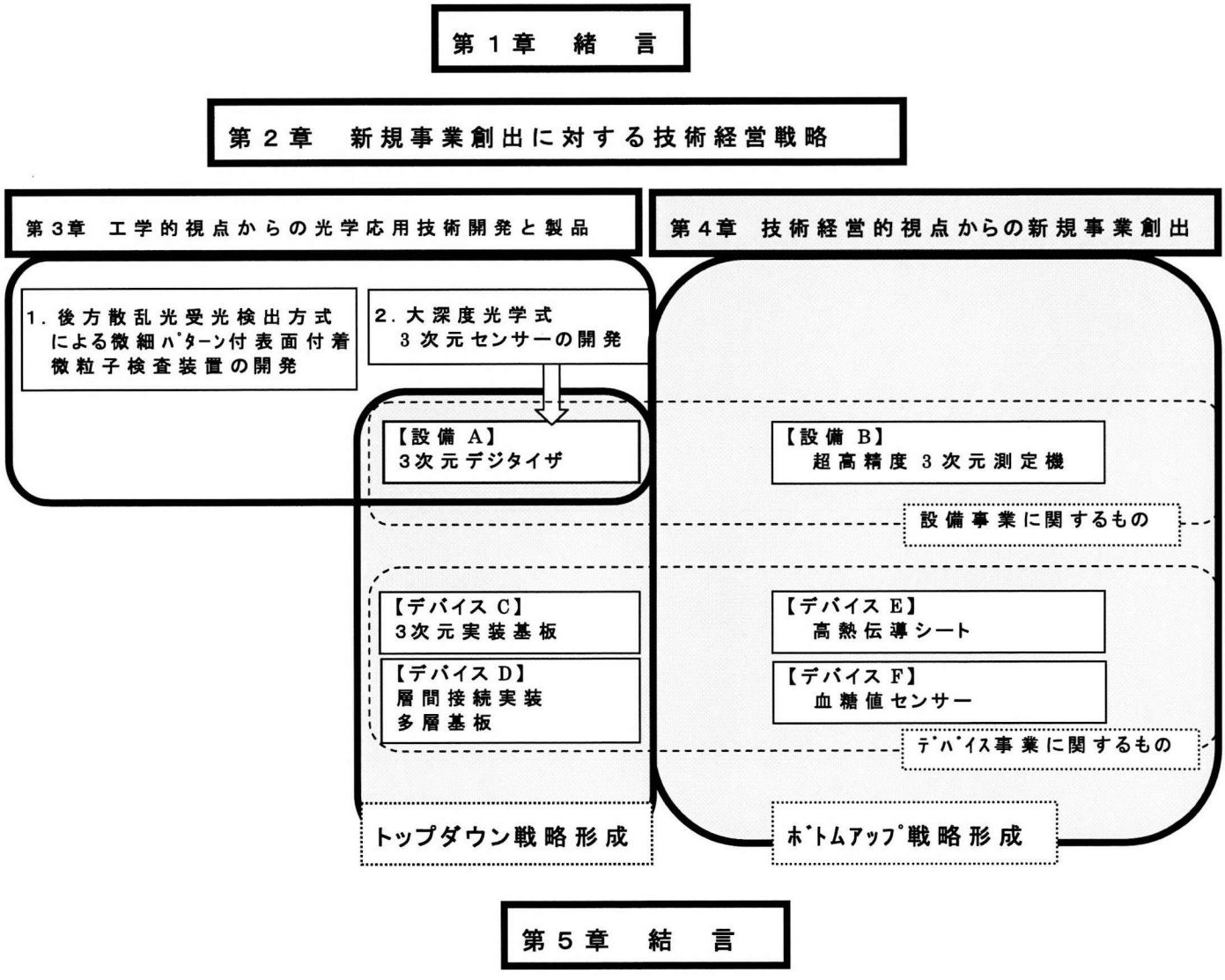


図１―　１　本論文の構成

第２章　新規事業創出に対する技術経営戦略

これまで，工学的な技術開発研究単独や，技術経営研究単独での研究は多くなされてきたが，学術的な研究開発と，その技術を活用した新規事業創出につなげる「組織と戦略」を考察した研究，すなわち，工学的視点からの新規技術開発と技術経営的視点からの新規事業創出という，両学問領域をつなげたデバイスや設備に関する研究はなく，本研究は，両学問領域における研究という点で新規性があり，かつ，今後の新規事業創出への新たな知見を提供することに意義がある．

すなわち，図２―１に示すように，従来研究では,工学的視点からの研究，あるいは,技術経営的研究が，それぞれ別個に行われてきた．

そこで本研究では，工学的研究とその一部とそれ以外を含めた事例を分析した技術経営的研究をあわせて行うことで，新規事業成功への道筋を示し，新規事業創出の方法論を提案する．

特に技術開発の視点から，新規事業創出を鳥瞰した場合，その技術が将来どのような市場と適合するのかを予測することは，技術開発する上で極めて重要であることから，第４章の７で考察する．

一方，新規事業の技術経営の研究視点として，図２―２に示すような組織と戦略について検討していく．特に，以下の２点について検討する．

①組織として，開発リーダーの資質と重要度,資質を身に付けた時期
②戦略として，技術戦略と市場適合の方法

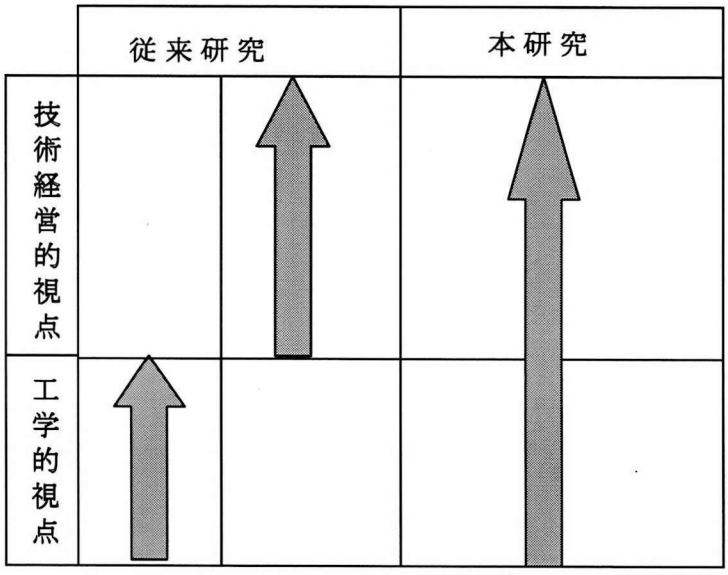


図２－１　従来研究と本研究の相違

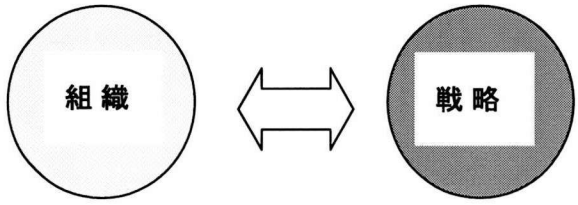


図２―２　新規事業研究の視点

この新規事業創出は，経営トップ層からの指示にもとづくトップダウン戦略と，現場レベルからの起案にもとづくボトムアップ戦略がある．さらに，市場からの要求から始まるニーズプル戦略や，技術陣の発案に始まるテクノロジープッシュ戦略もある．あるいは開発される技術が，従来の技術の延長線上にある持続的イノベーションなのか，あるいは従来とは全く異なる技術としての破壊的イノベーションがある．その戦略毎に特徴がある．

本研究では，対象を設備とデバイスに焦点を当て，技術経営戦略としての，

① ボトムアップ戦略，トップダウン戦略

② テクノロジープッシュ，ニーズプル

③ 持続的イノベーション，破壊的イノベーション

の技術経営戦略の違いによる，新規事業創出の事例を分析し，共通点や相違点を把握し，新規事業創出の道筋を明確にする．

第３章　工学的視点からの光学応用技術開発と製品化

本章では，設備やデバイスの製造に広範囲に適用できる光学技術を応用した計測検査設備について，その技術開発と製品化について論じる．まず，波動光学の進化をさせるために,「後方散乱光受光検出方式による微細パターン付表面付着微粒子検査装置の開発」について，次に,幾何光学の進化をさせるために，「大深度光学式3次元センサーの開発」について論じる．これらの技術開発は,いずれも,トップダウン戦略による技術開発であり,ニーズプル,そして,持続的イノベーションという,技術経営視点から見た取り組みになっている．

3.1　後方散乱光受光検出方式による微細パターン付表面付着微粒子検査装置の開発

3.1.1　はじめに

MEMSなどの生産工程では,微細パターン上に付着した微粒子がデバイスの歩留まりに直接影響を与えている．したがって，歩留まり低下を改善するために，付着微粒子を低減した歩留まり管理が不可欠となっている．

これまで，微細パターン上に付着した微粒子を検出する方法として，レーザーの偏光特性を利用した，異物検査技術[1)～7)]が開発されてきたが，パターンの微細化，複雑化に伴い，パターンからの反射光や散乱光ノイズが大きくなり，偏光特性のみでは，パターンと付着微粒子の切り分けが困難となってきた．

そのため,パターンの周期性を利用して空間フィルターや画像処理手法でパターンからの反射光や散乱光ノイズを除去する方法[8)~11)]，が開発されてきた．パターンの周期性を利用したノイズ除去法は，繰り返しパターンには効果的であるが，ランダムパターンからの信号検出は対応が困難であった．さらに，この場合，品種毎，工程毎に検査条件の設定が必要で，多品種への対応が困難となっている．すなわち，

① 検出能力がパターンに依存する

② パターンからの散乱光ノイズが多くS/Nが悪い

③ 高速化が困難

という課題があった．

そこで，ランダムパターン，複雑なパターンのウエハー上の付着微粒子を検出する

装置を開発した.

本測定原理は，パターンからの反射光を極力低減させ,付着微粒子からの散乱光を最大限捕捉するために低角度で照射し,パターンからの反射光は,照明光の偏光角を保持するが,付着微粒子の散乱光は,照明光の偏光角が変化することに着目して,レーザーをS偏光で照射し，後方からP偏光のみ受光することにより，パターンからの反射光を除去し，付着微粒子によって散乱するP偏光を測定することで，付着微粒子を効率よく検出するものである．また，提案する測定原理に基づき，ライン照明系とＣＣＤラインセンサを受光素子とする高視野・高ＮＡ受光系，及びリアルタイム高速画像処理系から構成され，デバイス上の微細パターンに依存せず，高いＳ／Ｎで高速な検出が可能な検査システムを構築した.

開発した装置において，高感度かつ高速に，付着微粒子の検出が実現できることを，パターン付きの基板に標準粒子を散布した試料を用いて確認し，その有効性を検証した．本研究では，３.１.２に測定原理，３.１.３に光学解析，３.１.４に付着微粒子検出基礎実験，３.１.５に付着微粒子検査装置，３.１.６に結論を示す.

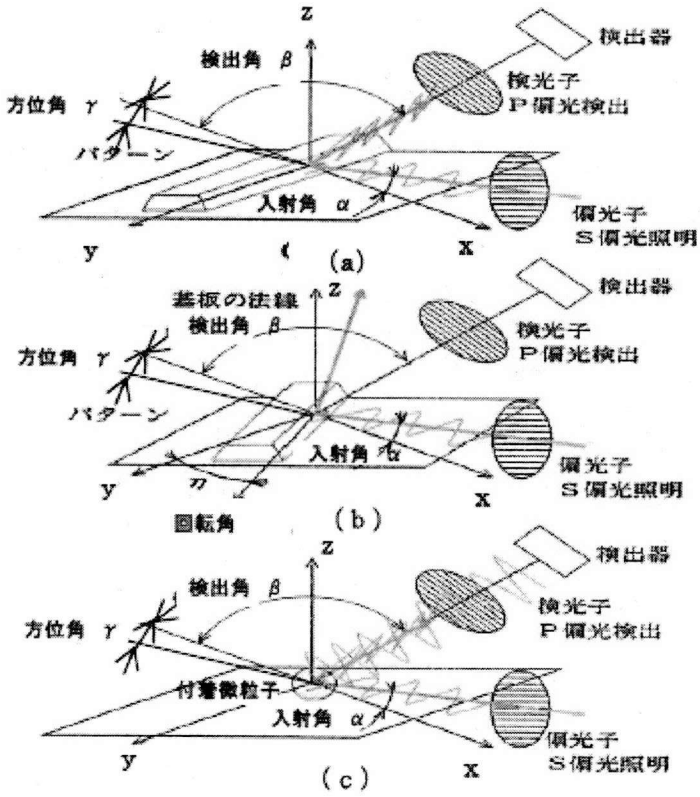
3.1.2 測定原理

本手法の測定原理について，図３―１－１に示す.

本手法では，偏光子を用いて，デバイスの基準面（xy 平面）に対してS偏光となるように入射光を照射する．後方散乱光の検出は，検出器の前に検光子を基準面に対しP偏光方向の光を検出するように配置する．　付着微粒子を検出する原理は，レーザー光を付着微粒子に照射すると散乱光が発生し，偏光成分が乱される．一方，パターンに照射された光は鏡面反射が発生し偏光成分が保存される，このような偏光解消成分の差とその強度を利用して，付着微粒子を検出する．その際，レーザー光の入射角度，パターンとレーザーの入射方位角度，偏光成分，受光角度などが検出する光強度に影響する．　図３―１－１の（a）は，入射光に対して，パターンの回転角が垂直に配置された場合で，パターン上に入射角αとなるようにS偏光ビームを照射し，この入射面内において，検出角βの位置でP偏光の後方散乱光を検出する．この時，基板上の照射光に対して垂直なパターンからの反射光は，鏡面反射になり偏光成分が乱されないので，付着微粒子に比べ，偏光しない量の方が多く，大部分がS偏光で検

出系に入射する．検出系の検光子透過軸はＰ偏光であるため，パターンからの反射光は消光されてほとんど検出されない．図３―１－１（ｂ）に示すように，パターンの長手方向が基板の法線を中心として回転角ηを持つパターンからの反射光を検出する場合は，入射光が検出器から外れて入射せず，検出されない．図３―１－１（c）に示すように，レーザー光が付着微粒子に入射する場合は，付着微粒子の表面からの反射と散乱光の双方を発生させるため，後方散乱光には照射したＳ偏光以外に，Ｐ偏光の成分が含まれている．この付着微粒子からの散乱光のＰ偏光成分は検出系の検光子透過軸と一致するため検出可能である．

したがって，本手法により，付着微粒子の偏光特性を利用して，パターンからの反射光を除去し，付着微粒子からの散乱信号を高S/N化することで付着微粒子を検出することが可能である．



α；入射角，　β；検出角度，　γ；方位角，　η；パターン回転角

図３―１－１　付着微粒子からの後方散乱光信号検出原理方式

3.1.3　光学解析

本項では，前項での測定原理の有効性を確認するために，付着微粒子や，パターンの光学モデル化および定式化を行い，シミュレーションにより，その効果を事前に検証する．なお，パターンの幅は，2μｍ程度，高さ0.2μｍ程度，付着微粒子は，1μｍ以上である．

（１）　光学系のモデル化

上記の測定原理の有効性を評価するため，図３―１－２に示す光学モデルを設定し，付着微粒子からの散乱光強度及び，パターンからの反射光強度の強度解析を行う．

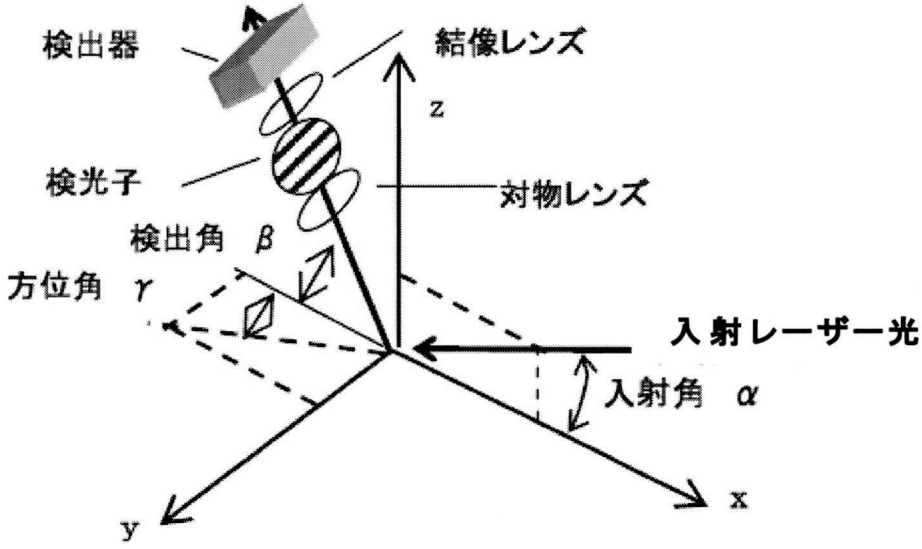


図３―１－２　光学モデル

図３―１－２に示すように，ｘ軸に平行で，かつ，基板に対して入射角αでｘｙ平面に対してＳ偏光となるレーザー光を照射する．対物レンズ，検光子，結像レンズ，検出器で構成された検出系は，基板とのなす角βを検出角とし，ｘ軸となす角γを方位角とする．

（２）　付着微粒子の散乱光モデル

付着微粒子による散乱光は，Mie散乱モデル[13]により解析できる．本項では，付着微粒子に入射されるレーザー光の散乱光強度を，偏光成分毎に，微粒子の周囲全散乱角に対して計算する．

このような散乱光の強度分布を求めるために，図３―１－３に示すように，屈折率

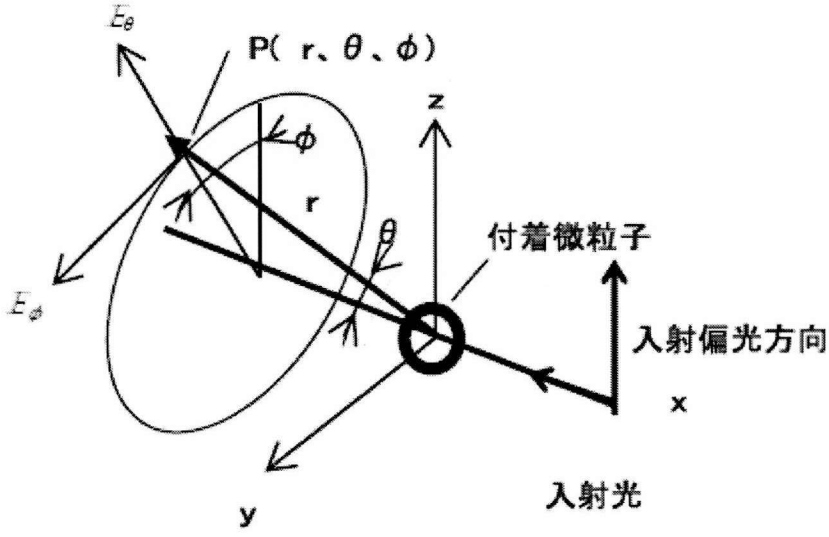


図３—１－３　付着微粒子のMie散乱光モデル

n_0の一様媒質中にある屈折率n_1，半径aの微粒子に，波長λのレーザー光を入射し，散乱光強度を入射光強度に対して規格化する場合，付着微粒子を中心にした極座標で表される観察点P（r，　θ，　φ）での散乱光の電場成分（E_θ，　E_ϕ）は，（１），（２）式で表される．

$$|E_\theta|^2=\frac{\cos^2\phi\times\lambda^2}{4\pi^2r^2}\left|\sum_{k=1}^{\infty}(-i)^k\left\{{}^eB_kP_k^{(1)'}(\cos\theta)\sin\theta-{}^mB_k\frac{P_k^{(1)}(\cos\theta)}{\sin\theta}\right\}\right|^2 \qquad (1)$$

$$|E_\phi|^2=\frac{\sin^2\phi\times\lambda^2}{4\pi^2r^2}\left|\sum_{k=1}^{\infty}(-i)^k\left\{{}^eB_k\frac{P_k^{(1)}(\cos\theta)}{\sin\theta}-{}^mB_kP_k^{(1)'}(\cos\theta)\sin\theta\right\}\right|^2 \qquad (2)$$

ただし

$${}^eB_k=i^{k+1}\frac{2k+1}{k(k+1)}\frac{n\psi_k'(q)\psi_k(nq)-\psi_k(q)\psi_k'(nq)}{n\zeta_k^{(1)'}(q)\psi_k(nq)-\zeta_k^{(1)}(q)\psi_k'(nq)}$$

$${}^mB_k=i^{k+1}\frac{2k+1}{k(k+1)}\frac{n\psi_k(q)\psi'_k(nq)-\psi_k'(q)\psi_k(nq)}{n\zeta_k^{(1)'}(q)\psi_k'(nq)-\zeta_k^{(1)'}(q)\psi_k(nq)}$$

$$q = 2\pi a/\lambda$$

$$\psi_k(\rho) = \sqrt{\frac{\pi\rho}{2}}\, J_{k+\frac{1}{2}}(\rho)$$

$$\zeta_k^{(1)}(\rho) = \sqrt{\frac{\pi\rho}{2}}\, H_{k+\frac{1}{2}}^{(1)}(\rho)$$

$$P_k(\cos\theta) = \sum_{m=0}^{k/2} (-1)^m \frac{(2k-2m)!}{2^k m!(k-m)!(k-2m)!} (\cos\theta)^{k-2m}$$

$$P_k^{(m)}(\cos\theta) = (\sin\theta)^m \frac{d^m P_k(\cos\theta)}{d(\cos\theta)^m}$$

a:微粒子の球形の半径，　λ;波長　　ρ;電荷密度

n:回りの媒質に対する微小粒子の相対複素屈折率　$=n_1/n_0$

J;ベッセル関数，

H:ハンケル関数

$P_k(\cos\theta)$;随伴 Legendre関数

ラインセンサーにより検出される付着微粒子からの散乱光量は，（１），（２）式から対物レンズに入射する光強度の和として算出できる．すなわち，

$$S=Ka \times \left(|E_\theta|^2 + |E_\phi|^2\right) \qquad (3)$$

ただし，Ka:レンズの入射係数

である．

（３）　パターンからの反射光モデル

パターンからの反射光は，フレネル反射モデル[2)]を用いて解析する．反射方向は，正反射方向とし，反射光量を偏光成分毎に計算する．　実際のパターンは，微小であり，厳密にはパターン面からの反射光は回折するが，本報では，簡単のため，パターン面からの正反射光のみを取り扱う．これは，回折光のうち最大強度である零次光に相当するので，実際の現象に近似できる．

図３―１－４に示すように微小平面を考え，入射光のベクトルをＡ，入射光の偏光ベクトルをＥ（Es,　Ep），微小平面の法線ベクトルをＮ，法線角をδとすると，反射光のベクトルＢおよび，反射光の偏光ベクトルＲ（Rs,　Rp）は，（４）～（６）式のように書ける．ここで，添え字ｓ，ｐは，ｓ偏光（レーザー光が入射する平面に平行な偏光成分，ｐ偏光（レーザー光が入射する平面に垂直な偏光成分）を示す．

$$B=A-2(A\cdot N)N \qquad (4)$$

$$Rs = s(\delta) \cdot Es \qquad (5)$$

$$Rp = p(\delta) \cdot (-(Ep - 2(Ep \cdot N)N)) \qquad (6)$$

ただし，　$s(\delta) = -\sin(\delta - \delta') / \sin(\delta + \delta')$

$p(\delta) = \tan(\delta - \delta') / \tan(\delta + \delta')$

$n_0 \sin\delta = n_i \sin\delta'$

δ;入射光Aと法線Nのなす法線角，

δ':反射光Bと法線Nのなす法線角

n_0;空気の屈折率，　　n_i ；パターンの屈折率

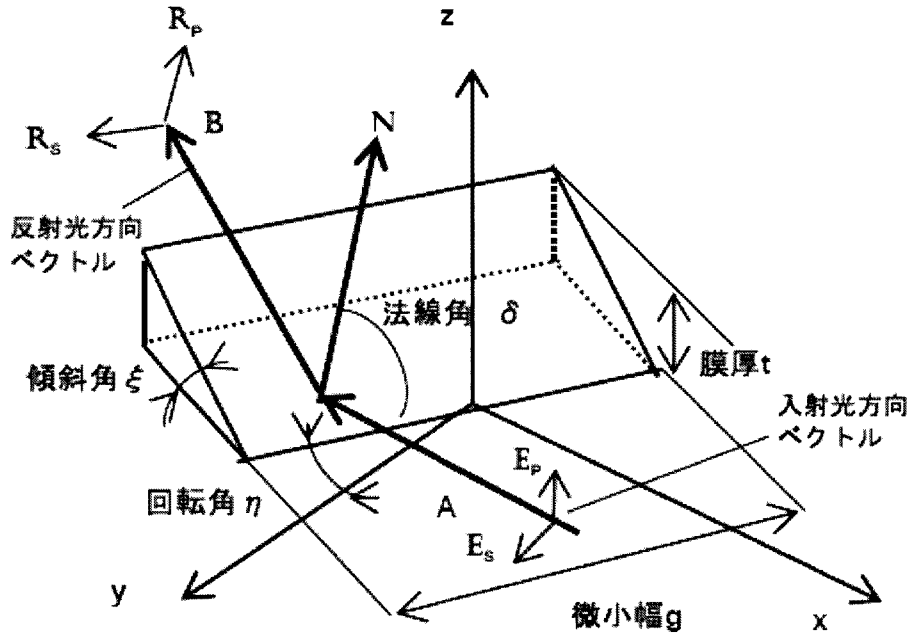


図３—１－４　パターンからのフレネル反射光モデル

パターンからの反射光の光強度計算では,反射光からレンズに入射するベクトルのみを積算し，反射光強度｜Rs｜，　｜Rp｜の二乗和とする．

パターンからの反射光の光強度は，ラインセンサーの画素ピッチgとパターンの膜厚tより求まる微小面積gtを掛けたものを検出器の1画素で検出される光強度とし，これを図３—１－４に示すようなすべての傾斜角ξおよび回転角ηについて求める．実際にパターン上の付着微粒子を検出する場合に，当該基板上に存在しうるパターン形状と付着微粒子の相対位置関係で，付着微粒子の散乱光強度に比べて，パターンの反射光強度が最も強く，付着微粒子の検出が最も困難な場合として，対物レンズに入射するパターンからの反射光の最大光量Noを付着微粒子に対するノイズとする．

すなわち

$$No=Kb\times(|Rs|^2+|Rp|^2) \qquad (7)$$

ただし，Kb;レンズへの入力係数

である．

（4） 数値解析結果

Mie散乱光の強度は(3)式から，パターン反射光の強度は（7）式から S/N=S/No と定義した．また，最適なS/Nを求めるために，Ka＝Kb＝１として，種々のパラメータを与えて計算した．シミュレーションにおいて考慮したパラメータを表３―２－１に示す．なお照射角2°は，参考文献２）より，照射角が小さいほうが付着微粒子とパターンの弁別に有利であるとの実験結果より，物理的に照射光学系が設置できる限界として採用した．

表３―１－１に示すパラメータを用いて，パターンの傾斜角ξ及び，パターンの回転角ηを1°ピッチ毎に振って計算する．その結果を，最大S/Nの上位4位までの解析結果を表３―１－２に示す．方位角γ＝0°，検出角β=150°の後方散乱系において，S/Nが高いことがわかる． なお，P 偏光入射とS 偏光入射は同様の傾向を示すが，基板に垂直なP 偏光では，基板に対するレーザー入射角αが低いとパターンの頂部エッジ付近で偏光が乱れる可能性が高いため，基板に平行なS 偏光を採用した．この解析結果より，レーザー光を２°の低入斜角度でS偏光で照射し，検出角１５０°で後方からP偏光のみ受光することにより，パターンからの反射光を除去し，微粒子によって散乱するP偏光を計測することで微粒子を効率よく検出できる．

表 3―1－1 解析パラメータの仕様

項目		仕様
入射光	波長：λ(nm)	633, 800
	入射角：α(°)	2
	偏光角	S, P
付着微粒子	直径 d=2a(μm)	3
	屈折率：n	1.59
パターン	傾斜角：ξ(°)	0～90
	回転角：η(°)	0～90
	膜厚：t(μm)	0.25
	屈折率：n	1.44
基板	屈折率：n	1.45
対物レンズ	NA	0.3
検出器	方位角：γ(°)	0～45
	検出角：β(°)	30～150
	偏光角	S, P

表　3—1—2　解析結果

No	波長 λ	入射光	検出器			S/N
		偏光角	検出角 β	方位角 γ	偏光角	
1	633	S	150	0	P	1.42
2			150	5	P	0.94
3			30	35	S	0.78
4			35	40	S	0.76
5		P	150	0	S	1.5
6			150	5	S	1.08
7			150	10	S	0.78
8			30	0	P	0.74
9	800	S	150	0	P	1.9
10			150	5	P	1.26
11			30	35	S	0.94
12			150	10	P	0.86
13		P	150	0	S	2.1
14			150	5	S	1.48
15			150	10	S	1.06

3.1.4　付着微粒子検出基礎実験

本項では，３.１.３で示した解析モデルを実機へ適用するために光学基礎実験で検証する.

（１）　光学基礎実験装置の概要

図３—1—５に，後方散乱光の基礎実験装置の概要を示す.He-Ne　レーザーを，基板に対して，入射角 α＝　2°でS偏光照明し，検出角 β 方向に配置した対物レンズへの入射光の検光子によってP偏光のみを検出する.　β＝　150°，対物レンズNA

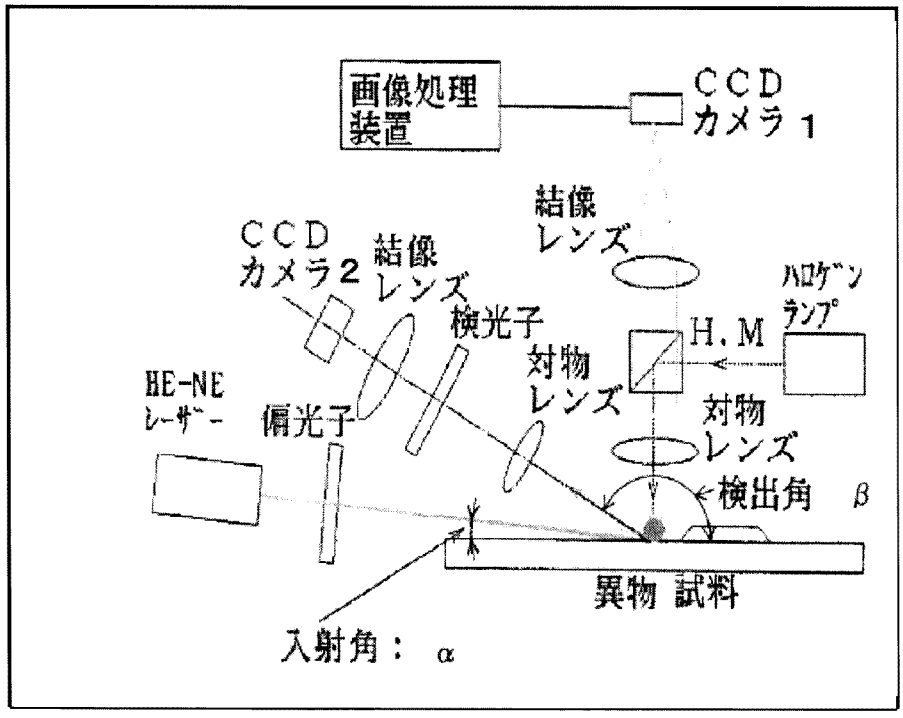


図３—１—５　光学実験装置の概要

＝0.3，波長λ＝633nm，検査分解能 7.6μm,画素ピッチ；7.6μmとした．さらに微粒子確認用に同軸落射照明の観察系を付加した．

これまで提案してきた付着微粒子検出方式の有効性を確認するために，テスト基板での実験を行い，解析の妥当性を評価する．微粒子には，材質がポリスチレンラテックスで，直径 d=2a=3μm の形状精度のよい球形の標準微粒子を異物検査では利用されているのでこれを用いる．

（2）テスト基板での解析の妥当性評価

テスト基板を作成し，解析の妥当性を実験検証した．

ⅰ）テスト基板の作成

ガラス基板上にＳｉおよびＴｉを，それぞれ 100nm づつ膜付け後，ドライエッチによりパターンニングを行い，図３－１－６に示す，膜厚ｔ＝200nm，Ｓｉ屈折率ｎ＝4.2，Ｔｉ屈折率 n＝3.03+3.65i，を用いたテスト基板を作成した．パターンの幅は２μm，異物は３μmのラテックス標準粒子とした．

ⅱ）パターンの傾斜角

パターンを SEM で測定し，その断面の模式図を，図２－１－６に示す．傾斜角ξは，８０°であった．

ⅲ）実験による S/N 測定

パターン回転角ηを変えて，パターンからの反射光の最大値をノイズとした．S/N 値は，実験結果で５.６，解析結果で８.２であった．この実験結果から，実験と解析との S/N に大きな差がなく，また，パターン面からの反射光は回折するが，回折光のうち正反射光は，最大強度である零次光に相当し実際の現象に近似できるという，参考文献９）の考え方である式（７）を用いた解析の妥当性を確認できた．

ⅳ）検出画像

図３－１－７は，図３－１－５のカメラ１で取得された画像である．パターン付基板上に付着した微粒子は白色円形状で，パターンは，左右の白色の線状となっている．図３－１－８は，S 偏光照射，P 偏光検出の後方散乱光検出系での画像である．いずれも，図中，中央に付着微粒子が検出されている．この写真画像から，観察光学系の CCD カメラ１で見られるパターン画像が本方式の付着微粒子検出光学系の CCD カメラ２では,見られず,付着微粒子のみ見られることからその有効性が確認した．

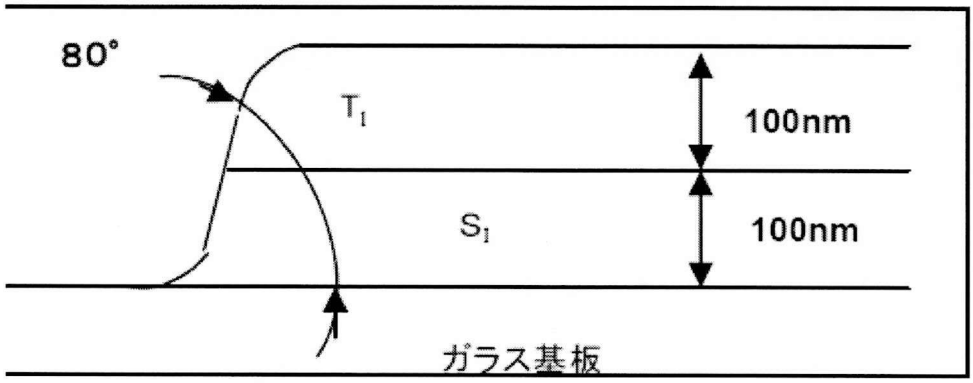


図３—１－６　パターンの SEM 断面模式図

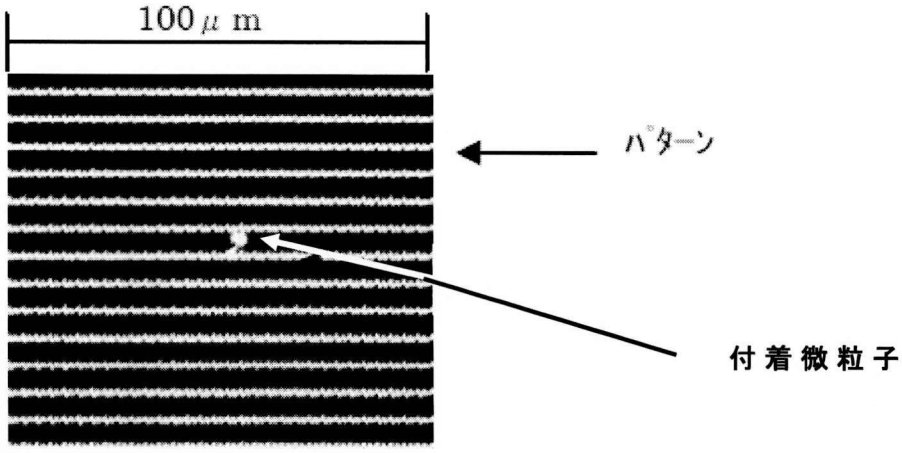


図３—１－７　図５光学系での CCD　camera　１　の画像

（注；付着微粒子の直径：３μｍ）

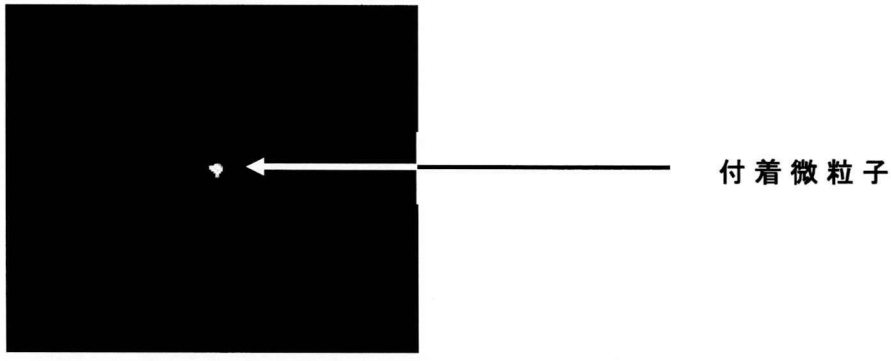


図３—１－８　図５での CCD　camera　２の画像

3.1.5 付着微粒子検査装置

本項では，前項での基礎実験にもとづいて，検査装置を開発したので，その詳細について説明する．

（１）装置仕様

検証のための試料を半導体.ウエハーの成膜工程後の配線付きの.ウエハーとし，表３—１－３に，装置の目標仕様を定めた．

表３—１－３　装置仕様

項目	仕様
検出感度	パターン付き.ウエハー：２μｍ パターン無し鏡面.ウエハー：１μｍ
検査速度	8インチ.ウエハーで60秒以内
感度設定	パターン配線配置の情報を必要とせず，光量の大小のみで異物とパターンを弁別可能

（２）　装置構成

図３—１－９は，後方散乱光受光方式により，生産工程で実用化可能な感度と高速性を実現できることを検証するための検査装置の構成である．

固定のライン状照明系で検査視野を照明し，偏光子と広視野・高ＮＡの受光レンズとCCDラインセンサをからなる受光系で受光し，CCDラインセンサの信号を，リアルタイム高速画像処理系で画像処理して付着微粒子を検出する．

走査方式は，半導体.ウエハー全面を，短冊状に走査し，X方向の走査はCCDラインセンサの走査で，Y方向の走査はステージ走査で行う．走査時には，AFセンサーで光学系を上下するＺ軸をリアルタイムに制御し，光学系と基板の距離を一定に保つ．また，検出した異物を観察するため，レンズ２０倍，５０倍，１００倍の対物レンズを切り替え可能なレビュー光学系を持つ．

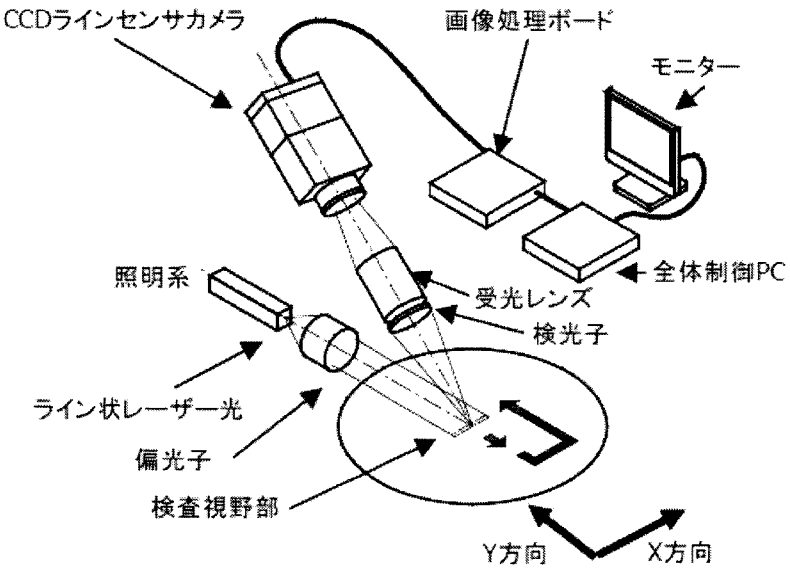


図３—１－９　検査装置の基本構成

（３）　付着微粒子検出システム詳細

ｉ）検査速度

検査速度はＸ方向の走査幅である検査視野幅，Ｙ方向走査速度，画像処理速度の３要素で決定される．

検査視野幅は，CCD ラインセンサーの１画素に光学的に変換される．ウエハー側の１画素のサイズ（＝①）と CCD ラインセンサーの画素数（＝②）の積で決定される．①については，７μｍを用いた．②については，CCD ラインセンサーの画素数が 1000，2000，5000 画素のものが存在するが，画素数が小さいと，走査幅が小さくなり，走査ライン数が増大する．そのため，走査速度が大きくなり振動等の問題が発生する可能性がある．逆に画素数が大きいと検査視野幅が大きくなり照明系・受光系の実現が困難になる．そこで，2000 画素を選択し，走査幅は 14mm と設定した．走査速度は，目標の検査時間を達成し，かつＣＣＤラインセンサーの受光感度の許容範囲内の 140ｍｍ/ｓとした．画像処理速度は，走査ライン間で画像処理完了を待つために動作が停止しないよう，走査ライン終了後に処理が完了できるリアルタイム画像処理方式を開発した．

ⅱ）検出感度

理想的な実験環境下で検出感度の低下を許容範囲内に納めるため，照明系・受光系・走査系への許容誤差の割り付けを行った．一定のしきい値で，付着微粒子とパタ

ーンの識別を可能とするため，14ｍｍの検査視野の全域にわたり，付着微粒子の光量をＳ，パターン光量をＮｏとしたとき，実環境で，S/N＝２以上を確保することを目標とした．理想的な実験環境でのS/Nは，3.1.4項の（２）の実験結果の５．６から，最小限の値として５に設定した．

実環境でＳが低下する劣化要因を想定し，その劣化要因を，理想状態を１としたときに，どの程度の劣化まで許容するかを許容劣化率と定義し，劣化要因と許容劣化率を表３―１－４に整理した．

ｈとｉは分離しての設定が出来ないため，合算している．　これにより理想環境でのS/Nが５に対して，実環境で劣化するＳの劣化率０．４６を乗じて，実環境でのS/Nは，５＊０．４６＝２.３と想定し，目標とするS/N＝２を達成できる設定とした．

各劣化要因について説明する．

①ｆ：高出力な半導体レーザーは複数の素子を横方向に並べた構成となっている．この光源を検査視野１４mmに投影する場合，素子のばらつきが光量ばらつきとなる．また，結像光学系の性能により，光軸上と光軸外でも光量が異なる．

②ｇ：照明はライン状となっており，レーザー光を効率的に利用するために検査視野と垂直方向には数１０μｍに絞っている．その集光状態は原理的にガウス分布になり均一にはならずフォーカスずれにより光量が変動する．

③ｈ，ｉは，受光光量のばらつきによる．

④ｊ：付着微粒子の検出位置精度の確保のため，CCDラインセンサーの１ラインあたりの蓄積時間はＹステージの速度に連動して変動する．光量は蓄積時間に比例するため，Ｙステージの速度ばらつきにより光量が変動する．

表３―１－５に上記の検討を元に定めた，各部の設計仕様を示す．

表３―１－４　劣化要因と劣化率の設定

記号	劣化要因	許容劣化率
f	照明光量ばらつき	0.8
g	フォーカスずれによる照明光量の低下	0.8
h	結像特性による受光光量ばらつき	0.8
i	フォーカスずれによる受光光量ばらつき	
j	CCDラインセンサー蓄積時間ばらつき	0.9
総合		0.46

表３—１－５　各部付着微粒子検出システムの設計仕様

部位	仕様
共通	分解能＝7μm 検査視野幅＝14mm 波長＝810nm(半導体レーザー)
照明系	検査視野幅内での照明光量 最小値／最大値　＞　0.8
受光系	検査視野全域で同一異物の受光光量 最小値／最大値　＞　0.8
画像処理系	走査完了時に処理が完了すること
走査系	走査速度 140mm／秒 速度ばらつき±10%以内

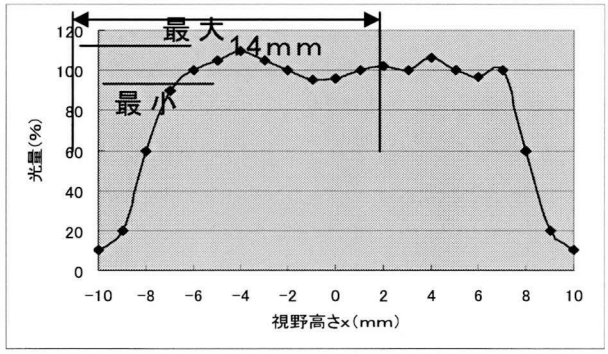
（４）照明光学系

ｉ）照明光学系の仕様

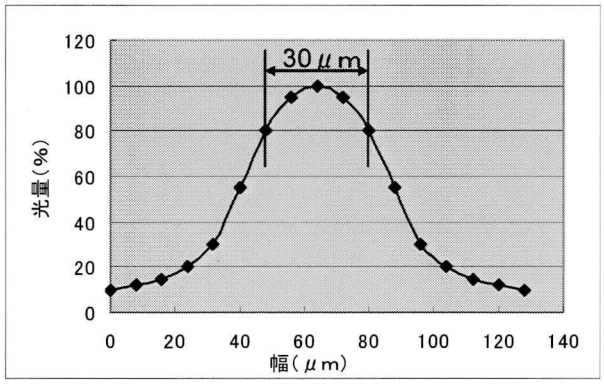
表３—１－６に構築した照明光学系の仕様を示す．波長，照明範囲，照明光量のばらつきは表３—１－５の値に基づいて決定した．レーザー出力と照射範囲内の光量は，レーザー出力に対する付着微粒子の散乱光量と受光感度の関係から決定した．焦点距離は光学系から検査視野までの距離であり，走査系や受光系の位置的な干渉を回避するために800ｍｍとした．

表３—１－６　照明光学系の仕様

項目	仕様
波長	810nm±10nm
レーザー出力	2W
照明範囲	14mm
照明範囲内の光量	1400mW以上
焦点距離	800mm
照明光量ばらつき	検査視野幅内での照明光量 最小値／最大値　＞　0.8
ビーム絞り幅	光量 80%以上の幅が 30μm以上



(a) 視野方向



(b)幅方向

図3—1－10照明系のビームプロファイル

ii）照明光学系の評価結果

照明光量のばらつきと，ビーム絞り幅について，焦点距離である800mmの位置にカメラを設置し，カメラを精密ステージで±7mmの範囲を1mmずつ移動させ，光量とプロファイルを画像処理装置で測定した．図3—1－10(a)に照明光量のばらつきのデータを示す．最長値／最大値＝90／110＝0.81で仕様の0.8を満足している．図3—1－10(b)にビームの絞り方向のビームプロファイルの一例を示す．±7mmの全範囲で,30μmの幅内で光量が最大値の80%以上となっている．

（5）受光光学系

i）受光光学系の仕様

受光光学系の仕様を表3—1－7に示す．受光光学系に求められる必要条件を以下に示す．

① 光軸上/光軸外での特性の均一化（±10%）

② AFばらつきに対応した焦点深度の確保

表３—１－７　受光光学系の仕様

項目	仕様
波長	810nm±10nm
視野	±7mm(14mmの走査幅対応)
NA	0．3(視野全域で)
光軸傾き	0° ±1°（同上）
倍率	1．86倍
結像特性	・下記条件にて物体側の点光源の光量の80%以上が結像側の13μm角に結像すること ・視野全域　・物体側の±15μmの深度内
外径サイズ	検出角150°を実現可能
CCDラインセンサー	・2000画素　・素子サイズ＝13μm/画素 ・動作周波数40MHz

ii）レンズ設計と解析

①　仕様実現の必要条件

レンズ仕様を実現するための条件を下記に示す．

顕微鏡対物レンズと同等の高ＮＡかつ，結像特性への要求からくる低収差を，広い視野で実現する．次に受光角を150°で傾けるため，外径サイズを小さくする．そして光軸傾きを全視野で光軸に並行にする.これらが実現可能なテレセントリック光学系を採用する．

②レンズ設計

レンズ設計において，レンズタイプを選択し，それをベースに詳細設計を行う．高ＮＡ・低収差・広視野，そしてテレセントリック光学系を同時に満足する，ガウスタイプ光学系を選択した．レンズの外径サイズを小さくすることと，テレセントリックの実現のために，レンズを配置した．全系として倍率の比率に対応した焦点距離を持つガウスタイプを２種類向き合わせに配列し，光学倍率１．８６倍とするために前群と後群の焦点距離の比率を１：１．８６としたタンデム方式とした．このタンデム構成にすることにより，実質的な絞り位置を，前群と後群の中間に置き，入射瞳を物体側に遠方にとれるようにし，物体側にテレセンリックな光束を作った．レンズ設計はシミュレーション解析に基づき最適構成を設計した．

③レンズ設計結果

設計したレンズ構成を図３—１－１１に示す．また，図３—１－１２にこの構成での解析結果の一例を示す．（a）は光軸上かつジャストフォーカス時，（ｂ）は光軸外かつ最大デフォーカス量を１５μｍにした時の像側１３μｍ角への集光状態を示

す．（ｂ）の最悪条件でも良好な結像をしていることが判る．

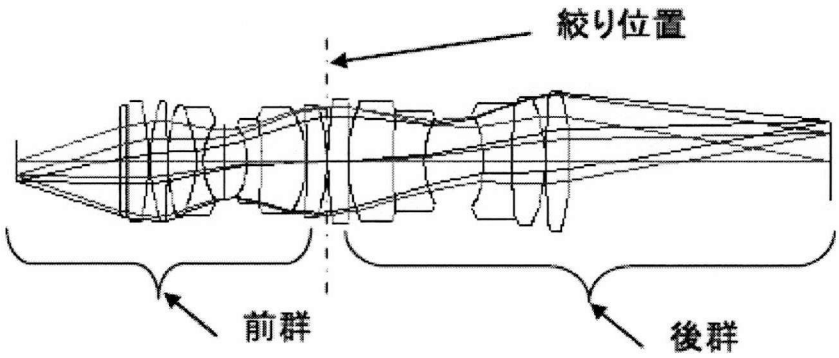


図３—１－１１　受光光学系

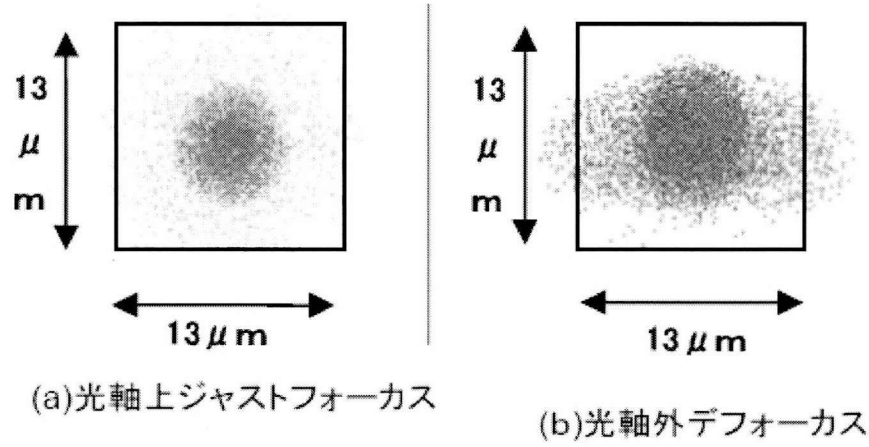


図３—１－１２　解析結果の結像状態の例

（６）画像処理系

画像処理系に対する開発課題は下記の２項目である．

①走査ステージの速度がばらついても付着微粒子の検出位置精度を確保できる画像入力系

②高速な画像処理とデータ処理．

これらについて詳細を以下に説明する．

ｉ）画像入力系

付着微粒子の検出位置の精度は下記の２つの理由により±10μｍの精度が必要である．①どの工程で付着微粒子が増加したかを判断するために，別工程での付着微粒子検査の結果の付着微粒子マップの重ね合わせを行う必要があり,付着微粒子の検出位置がずれると重ね合わせ判定が困難となる．②検査結果の付着微粒子を高倍率のレビ

ュー顕微鏡で観察するときに，位置がばらつくと顕微鏡の視野に入らなくなる．

使用したＹ軸ステージの速度ばらつきは±10%程度ある．CCD ラインセンサーの画像入力は，時間管理で，固定の蓄積時間で入力する．４０MHz の２０００画素の CCD ラインセンサーを使用した場合，140mm／sec の走査速度で速度ムラが±10%発生すると，最大数 100μｍの位置ばらつきが発生する．

そこで，ステージの位置と同期し画像入力出来る方法とした．具体的には，ステージに取り付けた，リニアスケール（１μｍピッチ）からのパルス信号をカウントして，Ｘ方向の１ライン分（７μｍ）移動に１回，ＣＣＤに対して，蓄積時間を終了させる転送信号を発生する制御回路を開発した．これにより目標とする位置精度を実現することができた．

ii）画像処理とデータ処理系

開発した画像処理とデータ処理系について，図３―１－１３の画像処理系構成図と図３―１－１４の付着微粒子の検出方法を用いて説明する．

①Ｙ軸ステージの走査と同期して CCD ラインセンサーから入力された電圧信号を図３―１－１３の画像処理ボードで２５６階調の輝度デジタルデータに変換する．

②輝度を，設定しきい値と比較し，大きい場合，付着微粒子と判定し，判定した付着微粒子の輝度値Ｉとｘ，ｙ座標（ｘ：CCD ラインセンサーの画素に対応する座標，ｙ：ステージ走査方向の座標）をデータ格納部に格納する．この時点では図３―１－１４(a) に示すように，一つの付着微粒子から発生する光量が複数のｘ，ｙ座標をまたいだ，複数のデータとして存在している．①②の処理は，FPGA で構成したハードウェアで，ステージ走査と同期してリアルタイム処理する．

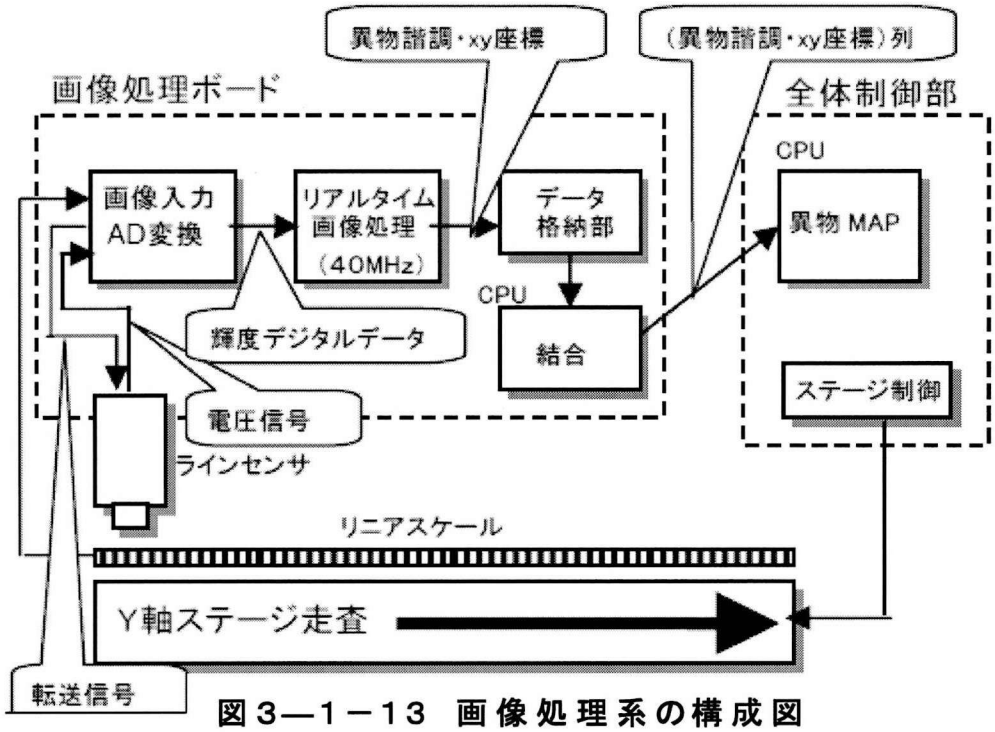


図3—1—13 画像処理系の構成図

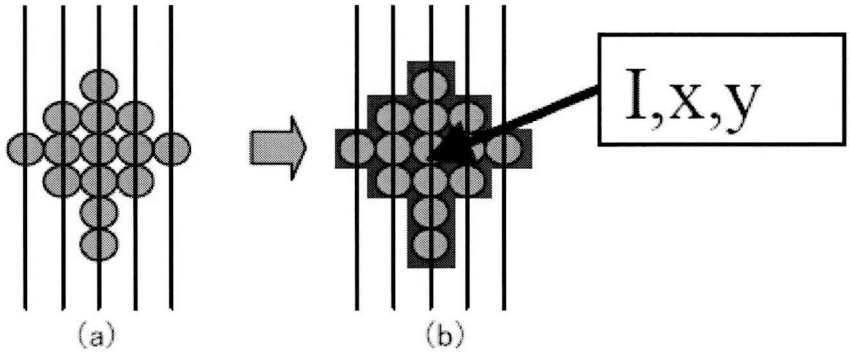


図３—１—１４　付着微粒子検出処理方法

③データが格納された直後から，図３—１—１３の画像処理ボード内の CPU がソフトウェアで，離散している付着微粒子のデータを，隣接性を判断し，結合する．結合後は，図３—１—１４(b)に示すように，輝度の総和（I)と，重心位置（ｘ，ｙ）が付着微粒子のデータとなる．④全体制御部の CPU により付着微粒子データを.ウエハー全体のグローバルな座標系に変換し付着微粒子マップを作成する．　このように，シンプルなアルゴリズムを選択することによって，リアルタイム性を要求される処理（①②）をハードウェア化し，ソフトウェア処理と最適に組み合わせることにより，８インチ.ウエハーを,目標とする６０秒以内の高速検査を実現した．

（７）パターン付き基板での検証

各プロセス工程毎に,付着微粒子のマップを比較することにより,付着微粒子がどの工程で付着したのかを確認し,その原因の特定と対策により,付着微粒子による歩留まり悪化を防ぐことが可能となる.

そこで,付着微粒子を検出能力を検証するために,２μｍの標準粒子を散布した，８インチの成膜工程後の配線付き（パターン幅：０．６～２μｍ，高さ；０．２μｍ，傾斜角７５度）の.ウエハーを基板として使用した.その装置の表３―１－３の目標仕様を検証した.

① 検出感度について，装置による入力画像において，１４mm の検査視野の中央である光軸上の S/N を評価した結果を表３―１－８に示す.２以上の S/N を実現し，目標とする２μｍの検出感度を有することを確認した.

② 本装置で試料全面を測定した結果として，図３―１－１５に付着微粒子を示す.検出された付着微粒子の全数(約 1000 個)を,レビュー光学系で観察したところ，配線パターン部を誤って検出していることが無く，全数が散布した標準粒子または，実際の付着微粒子であった，本装置は，パターンの形状に関わらず，付着微粒子のみを検出するという目的の検査装置であり，十分な検出信頼性を確認することができた.

③ 検出再現性について，試料の全面の検査を１０回繰り返し，検出付着微粒子数の再現性を検証した．今回の実験では，１０回測定時の検出微粒子数の平均値 X が 932，その標準偏差σが１４．９となり，再現性Ｒを，下記の計算式で計算した結果，98.4%であり，十分な再現性を有することを確認した.

$$R=(1-\sigma/X)*100(\%)$$

σ:標準偏差,

X:10 回測定時の検出付着微粒子数の平均値

表３―１－８　付着微粒子検出 S/N

項目	光軸上
付着微粒子散乱光強度	220
パターン反射光強度	105
S/N	2.1

④ 検査速度：基板の全面の検査を１０回繰り返し，検査時間の平均値が５４．５秒であり，目標とする６０秒を達成していることを確認した.

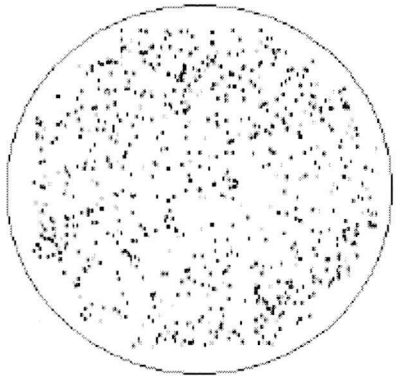


図３—１－１５　付着微粒子マップ

3.1.6 まとめ

これまで，微細パターン上に付着した微粒子を検出する方法として，レーザーの偏光特性を利用した，異物検査技術が開発されてきたが，パターンの微細化，複雑化に伴い，パターンからの反射光や散乱光ノイズが大きくなり，偏光特性のみでは，パターンと付着微粒子の切り分けが困難となってきた．そこで，低角度にレーザーをＳ偏光で照射し，後方からＰ偏光のみ受光することにより，パターンからの反射光を除去し，付着微粒子によって散乱するＰ偏光を測定することで，付着微粒子を効率よく検出する方法を考案するとともに，装置を開発し，下記の結果を得た．

(1)パターン付基板上の，微粒子検出原理として，レーザーを入射角 2°，S 偏光入射，方位角 0°，検出角 150° で，P 偏光で付着微粒子を検出する後方散乱偏光受光方式を開発した．

（２)本方式の光学解析モデルとして付着微粒子を Mie 散乱モデル，パターンをフレネル反射モデルと仮定し，理論解析および実験を行い，上記方式が有効であることを示した．

（３）本方式に基づいた，パターン付き基板上の付着微粒子検査機として，固定のライン状照明系と CCD ラインセンサーを受光素子とする広視野・高ＮＡ受光系と，リアルタイム高速画像処理系からなる検査装置を開発した．

（４）２μｍの標準粒子を付着させたパターン付き基板上を対象に，検査装置の検出感度，検出再現性，検査速度を検証し，検査機の有効性を確認した．

開発された装置は，当初の目標を達成するとともに，その実用化が図られた．

3.2 大深度光学式3次元センサーの開発

3.2.1 はじめに

クレイモデルや金型などの大きな被測定物を，非接触・高速・高精度に計測したいという要望が増えている．これまで，このような大きな測定物を計測するには，三角測量法[15),16)]，ステレオ画像法[17)]，同軸線形変位法[18)]，格子投影法[19)]などの手法が用いられてきた．しかし，三角測量法およびステレオ画像法は分解能が低い，同軸線形変位法は測定速度が遅い，格子投影法は200mm以上の大測定物への対応が困難であるという課題を有していた．このように，これまでの手法では，大きな被測定物を高速・高精度に計測することが困難であった．そこで，三角測量法の欠点は，1)大深度測定と高分解能化の両立が困難，2)被測定物の位置と撮像素子により検出されるビーム位置との関係は双曲線で表される非線形性を有しているため高精度化が困難であり，これらを克服し，三角測量法の利点である1)高速測定が可能，2)大測定物へも対応可能という点を有効利用することを目標に研究[14)]を行った．

三角測量法において，大深度測定と高分解能化の両立が困難な原因として次のことが考えられる．従来の三角測量法[15)]では，被測定物を照明するため，照明レンズを用いて小ビーム径の照明光を作成していた．この場合には，照明レンズの開口数(NA)とレーザーの波長λ より，照明光のビーム径(≒ λ/NA)および焦点深度(≒ λ/NA^2)が求められる．ビーム径および焦点深度は，共にNAの逆数の関数であるため，ビーム径を小さくし，焦点深度を大きくすることは，この式からも矛盾することがわかる．このように，従来の照明レンズを用いた三角測量法では，被測定物に照射する照明光を大焦点深度かつ小ビーム径にすることができないため，大深度測定と高分解能化を両立することは困難であった．

そこで，三角測量法の照明系に円錐レンズ[20)]を用いて，大焦点深度かつ小ビーム径を実現することにより，大深度測定と高分解能化の両立を実現することを第一の目的とする．

また，三角測量法は深さ方向の変位と結像位置の関係は双曲線であらわされ，非線形性を有している．この非線形性に対して，従来は，単純な双曲線へのカーブフィティングにより精度の向上を図ってきた[15)]．しかし，測定深度が大きくなるほど，レンズに対する画角が大きくなるため，レンズの収差などの影響を受けやすく，測

定精度が劣化しやすい．そこで，分割した領域ごとに双曲線にカーブフィティングを行うことで，非線形性の課題を克服すると共に，レンズの収差などによる影響を軽減し，測定精度を向上させることを第二の目的とする．

以下では，測定原理，実験装置構成，距離算出方法，円錐レンズの原理及び評価実験，距離計測評価実験結果について論じる．

3.2.2 距離計測システム

（１）測定原理

図３―２―１に基本光学系を示し,測定原理を説明する．レーザーを出射した光が，被測定物の被測定面で拡散反射し，拡散光となる．この拡散光の一部は，焦点距離fのレンズによりラインセンサー上に結像される．図３―２―１中，照明ビームの光軸(照明系の光軸)とレンズの光軸(受光系の光軸)の交点を距離原点0とし，各光軸のなす角をθ　とする.また,レンズから距離原点0までの距離をLとすると，距離dは$d = L\tan(\theta)$であらわされる．

図３―２―１の光学系はScheimpfulugの条件[15]を満足している．

ここで，Scheimpfulugの条件とは，(1)式を満足する関係を言う．

$$\phi = \tan^{-1}(f_0 / d) \qquad (1)$$

$$\text{ここに}\quad f_0 = fL/(L - f)$$

このScheimpfulugの条件を満足すると，レーザーの光軸上にある測定点で拡散した光は，レンズによりラインセンサー上に結像する．つまり，被測定物が距離原点0にある場合には，ラインセンサー上のAに結像し，被測定物が移動あるいは，凹凸により，0’となった場合には，ラインセンサー上のBに結像する．このAからBへの移動量から，被測定物の0から0’の移動量を求めることができる．この被測定物の位置と，ラインセンサーの結像位置との関係は，(2)式のように双曲線の関係として書ける．

$$\xi = \frac{Zf_0\sin(\theta)}{L\cos(\phi) + Z\cos(\phi - \theta)} \qquad (2)$$

また，この(2)式をZで微分することにより，ラインセンサー上での分解能$d\xi$と距離Z上での分解能dZの関係，(3)式が得られる．

$$dZ = \frac{[L\cos(\phi)+Z\cos(\phi-\theta)]^2}{Lf_0\cos(\phi)\sin(\theta)}d\xi \tag{3}$$

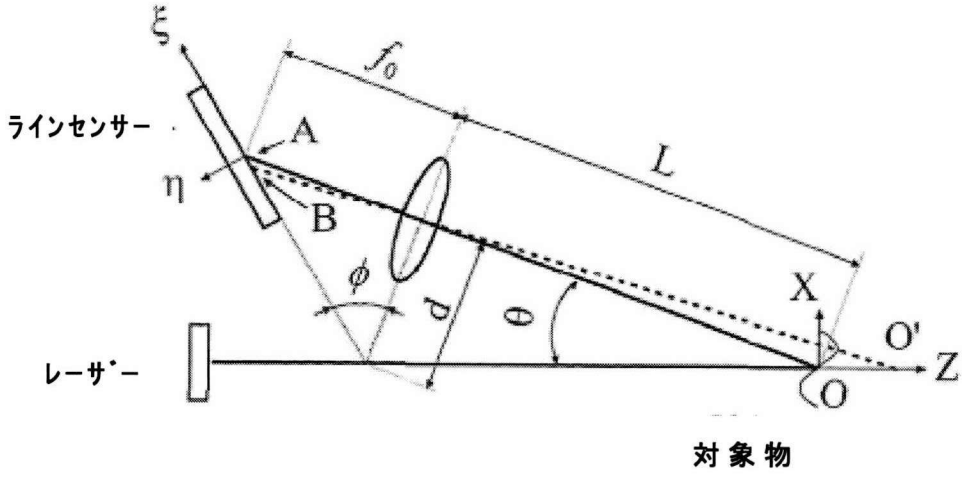


図３—２－１ 実験装置の基本光学系

（２） 実験装置構成

図３—２—２及び表３—２—１に，実験装置構成を示し,その動作を述べる．

半導体レーザー(波長 :680nm)を出射した光は，コリメータレンズ，プリズムペ

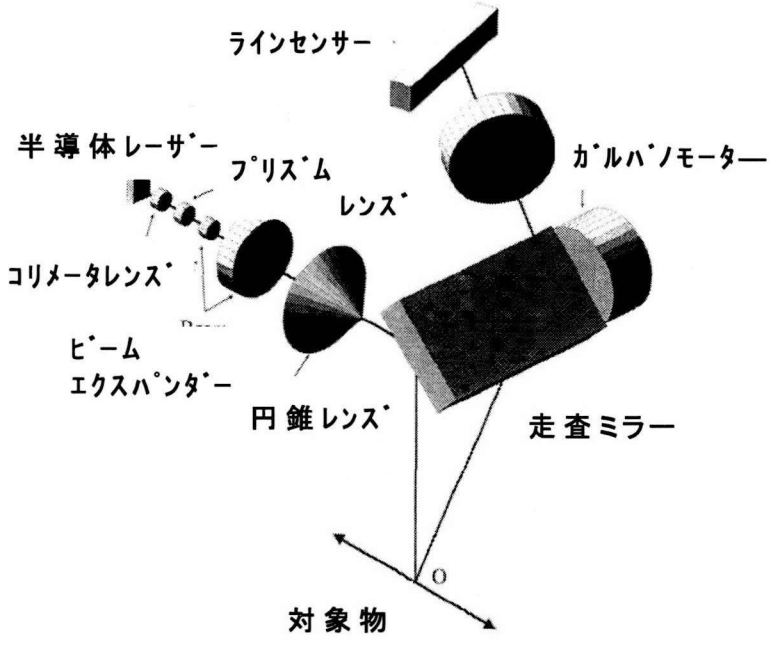


図３—２－２ 実験装置の光学系

表３—２－１　実験装置の仕様

項目		単位	仕様
検出角	θ	(°)	20
傾斜角	ϕ	(°)	53.9
後焦点距離	f_0	(mm)	150
前焦点距離	L	(mm)	300
ﾚﾝｽﾞ焦点距離	f	(mm)	100
半導体ﾚｰｻﾞｰ波長		(nm)	680
ﾗｲﾝｾﾝｻｰ画素数			5000
円錐ﾚﾝｽﾞの外形		(mm)	40
円錐ﾚﾝｽﾞの頂角		(°)	165

ア，エキスパンダーを透過することにより，円形の平行光に成形される．この平行光が，円錐レンズ(外径40mm，頂角165°)に入射し，大焦点深度かつ小ビーム径の照明光を実現する．この原理については，（３）で述べる．この照明光は，走査ミラーにより，被測定物の被測定面を走査する．被測定物の被測定面で拡散反射した一部の光は，再度，走査ミラーを介して，レンズ(焦点距離:100mm)により，ラインセンサー(画素数:5000画素，ピッチ:7μm)上に結像する．ラインセンサーからの出力は，画像処理装置に入力され，次節で述べる画像処理手法を用いて，検出ビームの重心位置を測定した．この重心位置を用いて，後述する距離算出手法により，距離を算出した．また，走査ミラーは，距離原点0より，150mmの位置に配置し，距離原点において走査幅が約60mmとなるように，走査角は12°とした．走査方向のサンプリング数は，1000とし，走査モータは，24°/sで等速回転した．つまり，1ライン走査の時間を0.5sとした．

（３）　画像処理方法

図３—２—３を用いて，画像処理手順を説明する．測定データ(実線)に対し，40画素の単純移動平均を行い，平滑化データ(破線)を求め，このデータを差分により，微分データ(一点鎖線)を求める．そして，この微分データのゼロクロス点を検出ビームの重心位置とする．この画像処理方法を用いることにより，分解能をサブピクセル化でき，分解能を向上できる．

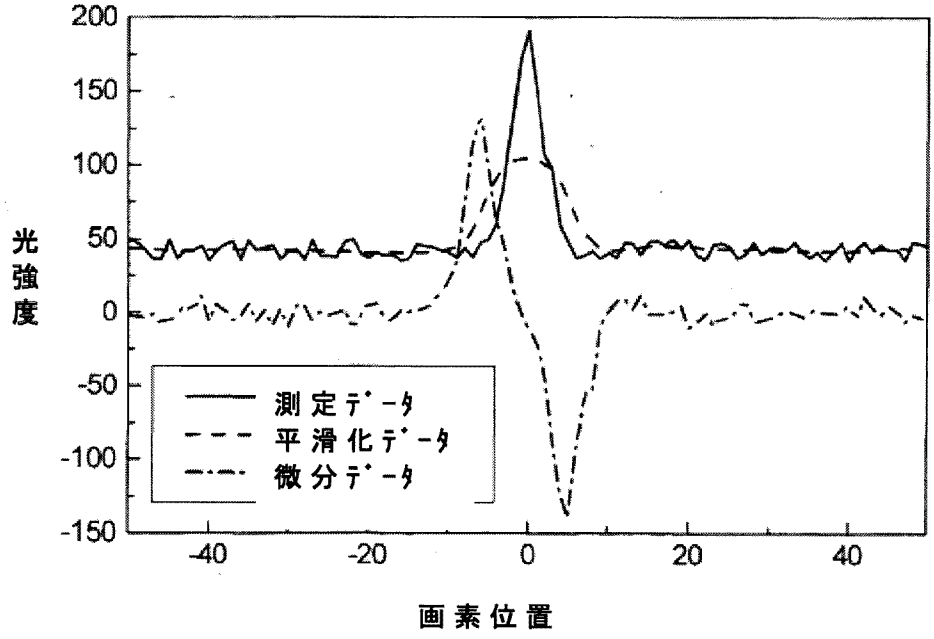


図３—２－３ 測定結果のデータ

（４） 従来の距離算出方法の課題

図３—２—１で説明した基本光学系において，ラインセンサーの座標位置から，Z方向の距離を算出する必要がある．このような距離算出の精度が悪いと，距離計測システムの距離測定精度が劣化する．

また，本実験装置では，図３—２—１の基本光学系に加えて，高速測定を行うために，図３—２—２に示したように，走査ミラーを用いて，2次元測定を行う．本実験装置のような走査ミラーを用いて走査すると，図３—２—４に示すように，Z_1の位置に平板をおいて測定を行っても，ラインセンサーの座標位置から求められる距離は走査ミラーの回転中心0と例えばA点との距離Lである．この距離Lは，A点のように回転中心角から離れるに従って大きくなり，測定したい距離Z_1と異なる．

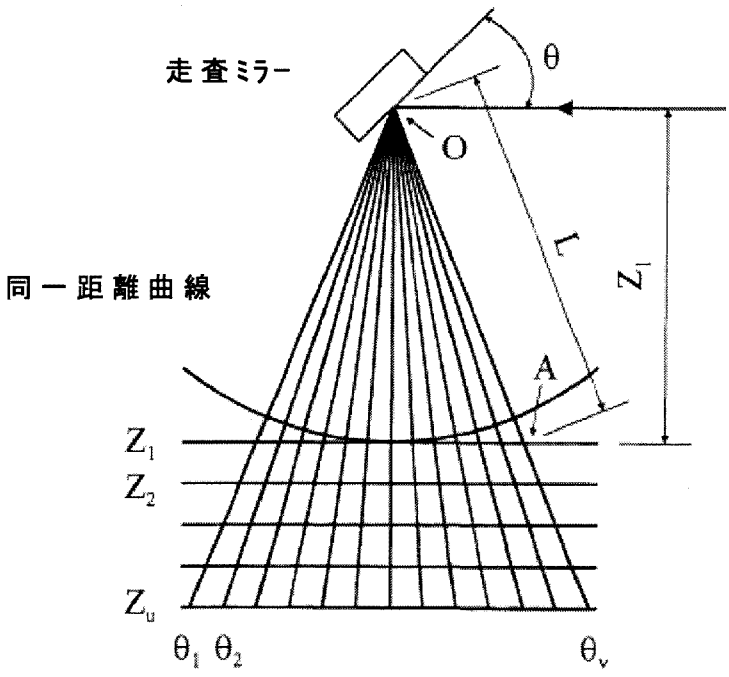


図３—２－４　ミラーのスキャニング

このように，平板を測定しても，本実験装置により計測される距離は，円弧となる．この円弧の補正を精度良く行わないと，距離測定精度が劣化する．さらに，本実験装置では，測定深度が100mmと大きく，従来に比べ，レンズに対する画角が大きくなるため，レンズの収差等の影響を受けやすくなる．この課題を図３—２－５に示した模式図を用いて説明する．Z方向に被測定物を移動させると，ラインセンサーのξ方向にビームが移動する．このとき，ビームの最大強度の位置(・印)は，レンズの収差などにより，図３—２－５のようにラインセンサーの幅方向に蛇行しながら，結像位置が変化する．このため，ラインセンサーと距離との理論式を示した(2)式を，そのまま用いていたのでは，距離測定精度が劣化する．

また，図３—２—５に示すように，PA点のようにレンズの収差により，セカンドピークを発生することがあり，前述した画像処理手法で算出される重心位置の精度劣化の原因となる．

そこで，次節では，平板を測定したデータを用いて，ラインセンサーの座標位置から，精度良くZ方向の距離を算出する方法を説明する．

（５） 距離算出方法

ｉ） 平均値の算出

まず，走査ミラーからの距離$Z_1 \sim Z_u$の位置に平板を置き，走査ミラーを用いて，回転角$\theta_1 \sim \theta_v$の位置で測定を行う．この測定を，w回行う．この測定データを$\xi_i(\theta_j, Z_k)$　$(\text{ﾃﾞｰﾀ数}：uvw)$とする．測定データのばらつきの影響を低減するために，(4)式で示す平均値$\bar{\xi}(\theta_j, Z_k)$を用いる．

$$\bar{\xi}(\theta_j, Z_k) = \sum_{i=1}^{w} \xi_i(\theta_j, Z_k) / w \qquad (4)$$

ここに　（i=1～ w， j=1～ v， k=1～u）

ii） 双曲線のパラメータの算出

ラインセンサーの座標位置とZ方向の位置との関係は双曲線となることを3.2.2（１）項で示した．そこで，平均値$\bar{\xi}(\theta_j, Z_k)$を用いて，双曲線にカーブフィティングを行い，双曲線のパラメータを求める．このパラメータを用いて，ラインセンサーの座標位置から，Z方向の距離を算出する．

この双曲線のパラメータの算出方法を，次に，説明する．各測定点と走査ミラーの回転中心0との距離$E(\theta_j, Z_k)$は，走査ミラーの回転角θ_jと測定距離Z_kを用いて，(5)式のように書ける．

$$E(\theta_j, Z_k) = Z_k / \cos(\theta_j) \qquad (5)$$

この距離$E(\theta_j, Z_k)$と測定データの平均値$\bar{\xi}(\theta_j, Z_k)$には，双曲線の関係があるため，(6)式のように書ける．

$$E(\theta_j, Z_k) = \frac{a\bar{\xi}(\theta_j, Z_k) + b}{\bar{\xi}(\theta_j, Z_k) + c} \qquad (6)$$

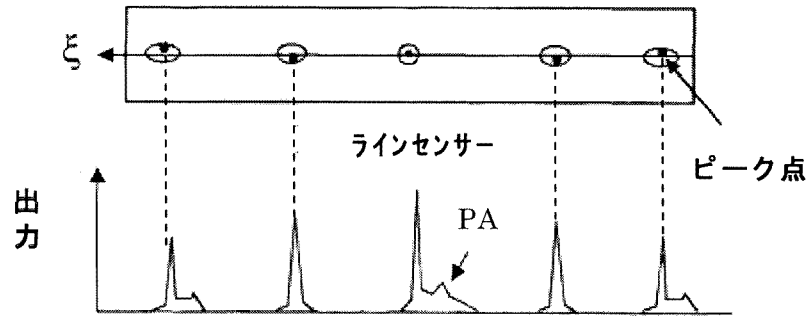


図３－２－５ ラインセンサーの出力結果

この双曲線のパラメータa,b,cマトリクスを用いた最小自乗法により求められるように，この(6)式を(7)式のように変形し，(8)式のようにマトリクス表示する．

$$a\bar{\xi}(\theta_j,Z_k)+b-cE(\theta_j,Z_k)=\bar{\xi}(\theta_j,Z_k)E(\theta_j,Z_k) \tag{7}$$

$$\left[\bar{\xi}(\theta_j,Z_k),1,E(\theta_j,Z_k)\right]\begin{bmatrix}a\\b\\c\end{bmatrix}=\left[\bar{\xi}(\theta_j,Z_k)E(\theta_j,Z_k)\right] \tag{8}$$

3.2.1で述べたように，測定深度が大きいことにより発生するレンズの収差の影響を低減するため，このマトリクスを用いて，Z方向にg均等分割した分割領域ごと（$l=1\sim g$），および，各回転角θ_j（$j=1\sim v$）　のごとにパラメータa_{jl},b_{jl},c_{jl}(パラメータ数:3gv)を求める．(8)式にZ方向のデータを付加すると，(9)式のように書ける．

$$\begin{bmatrix}A & B & C\end{bmatrix}\begin{bmatrix}a_{jl}\\b_{jl}\\c_{jl}\end{bmatrix}=[D] \tag{9}$$

ここに　$A=\left[\bar{\xi}(\theta_j,Z_{ks}),\cdots,\bar{\xi}(\theta_j,Z_{ke})\right]^T$

$$B=[1,\cdots,1]^T$$
$$C=\left[-E(\theta_j,Z_{ks}),\cdots,-E(\theta_j,Z_{ke})\right]^T$$
$$D=\left[\bar{\xi}(\theta_j,Z_{ks})E(\theta_j,Z_{ks}),\cdots,\bar{\xi}(\theta_j,Z_{ke})E(\theta_j,Z_{ke})\right]^T$$
$$ks=\delta(l-1)\quad if\quad l=1\quad ks=1$$
$$ke=\delta l+1\quad if\quad l=g\quad ke=u$$
$$\delta=\mathrm{int}(u/g)$$

したがって，係数行列$[A,\ B,\ C]$の一般逆行列をかけることにより，(10)式のように求まる．

$$\begin{bmatrix}a_{jl}\\b_{jl}\\c_{jl}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}A & B & C\end{bmatrix}^{-1}[D] \tag{10}$$

iii） 距離の算出

前項で求めたパラメータを用いて，ラインセンサーの座標位置からZ方向の距離を算出するには，(11)式を用いることにより，算出距離 $F(\theta_j, Z_k)$ が求まる．

$$F_i(\theta_j, Z_k) = \frac{a_{jl}\xi_i(\theta_j, Z_k) + b_{jl}}{\xi_i(\theta_j, Z_k) + c_{jl}} \cos(\theta_j) \tag{11}$$

ここに，　$l = \mathrm{int}(k/\delta)$　である．

3.2.3 円錐レンズ

（１） 円錐レンズの原理

本項では，図３―２―６に示した円錐レンズを用いることにより，大焦点深度かつ小ビーム（非回折ビーム）径を実現できる原理を説明する．平行光が頂角α，屈折率nの円錐レンズに入射すると，光は円錐レンズにより，(12)式で示した平行光の光軸とのなす角 β となるように屈折する．

$$\beta = \sin^{-1}[n\sin(\pi/2 - a/2)] - \pi/2 + a/2 \tag{12}$$

ここで，図３―２―６に示したように，円錐レンズの頂点を原点とする．XY座標とY軸周りのθ座標とを用いると，座標 (r, ρ) での光強度は，A点（X座標：x_a）での光強度とB点（X座標：x_b）での光強度との和として，(13)式のように書ける．

$$Irdrd\theta = I_{in}\left(|x_a||dx_a|d\theta + |x_b||dx_b|d\theta\right) \tag{13}$$

ここに　$x_a = \dfrac{\tan(\alpha/2)\tan(\beta)}{\tan(\alpha/2) - \tan(\beta)}\left[\dfrac{r}{\tan(\beta)} + \rho\right]$

$x_b = \dfrac{\tan(\alpha/2)\tan(\beta)}{\tan(\alpha/2) - \tan(\beta)}\left[\dfrac{r}{\tan(\beta)} - \rho\right]$

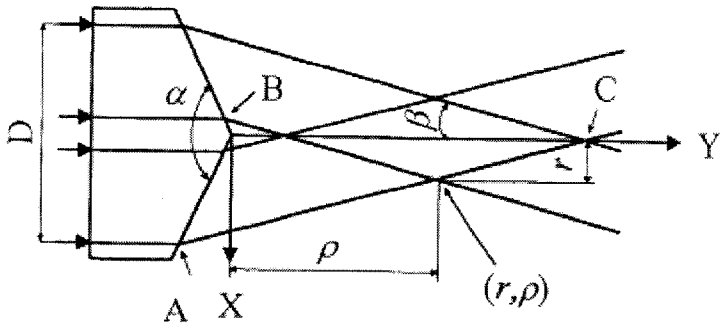


図３―２―６　円錐レンズの形状

(13)式において，I_{in}は平行光の光エネルギー密度を，$I(r,\rho)$は座標(r,ρ)での光エネルギー密度を表している．また，(13)式において，光強度は，光エネルギー密度×微小面積により求めた．(13)式を整理すると，(14)式のように書ける．

$$I(r,\rho)=2I_{in}\frac{\tan^2(\alpha/2)\tan(\beta)}{[\tan(\alpha/2)-\tan(\beta)]^2}\frac{\rho}{r} \qquad (14)$$

(14)式より，ビームプロファイルは$1/r$の曲線となり，光軸上で光エネルギー密度が極大となるため，小ビーム径が実現できることがわかる．このような光エネルギー密度が高いρの領域は，平行光の最大物体高の光線が光軸を横切る点Cまで続くため，円錐レンズの有効径をDとすると，(15)式のように書ける．

$$\rho < D/(2\tan(\beta)) \qquad (15)$$

例えば，円錐レンズの頂角αを165°，有効径Dを30mm，屈折率nを1.515として計算すると，ρ<287mmとなる．したがって，円錐レンズを用いることにより，大焦点深度かつ小ビーム径を実現できる．

（２）検証実験

頂角165°，外径40mmの円錐レンズを用いて，ビーム径の測定を行った結果を図２—２—7に示す．図３—２—７より，250mmにわたって，ビーム径15μm以下となっていることがわかる．したがって，円錐レンズを用いることにより，大焦点深度かつ小ビーム径を実現できる．この場合のビーム径は，白紙の紙をY軸に垂直に挿入した時に投影される光強度が他の部分より，顕著に高い部分の径を示す．

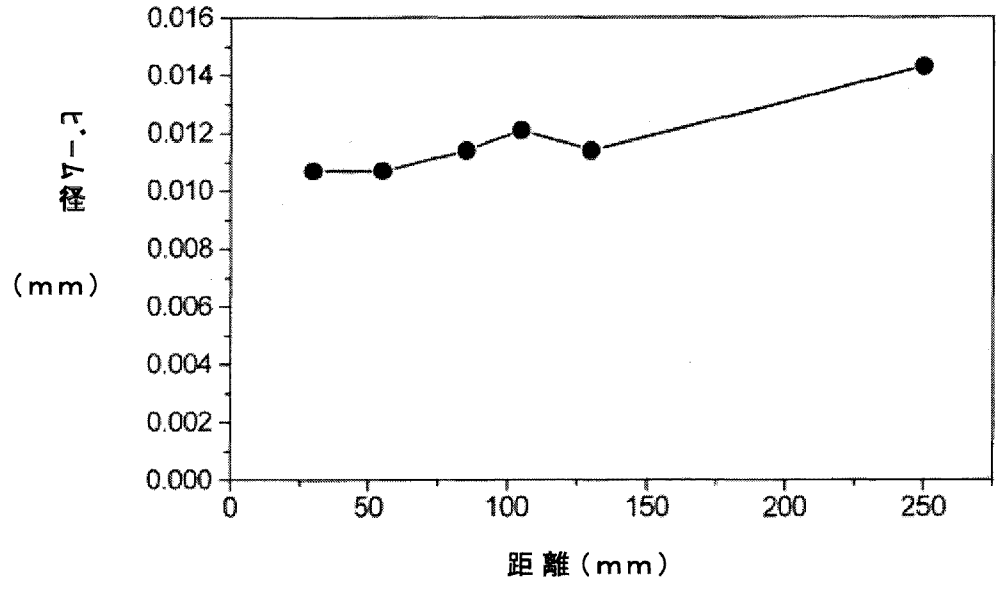


図３—２—７　ビーム径の実験結果

3.2.4 実験結果

図３―２―８に，センサーの構成を示す．

実験は，図３―２―８の実験装置を用いて，分解能測定実験および精度測定実験を行った．

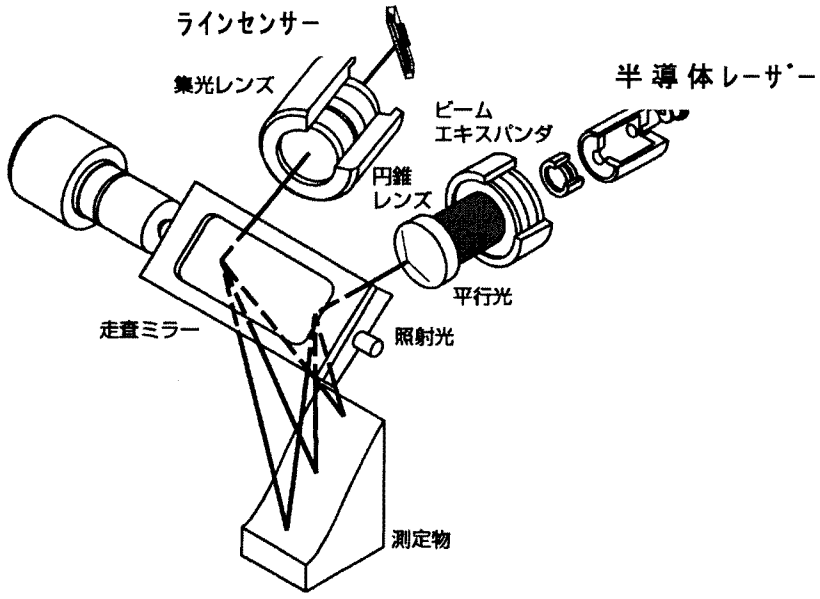


図３―２―８　センサーの構成図

（１） 分解能測定実験

分解能の測定は，被測定物として面粗さ2μm Raの拡散反射面を有するアルミ基板を用い，この平板に照明光が垂直に照射するように，走査ミラーを45°に固定し，以下の手順で行った．

① 各Zの位置(+50～-50mm)で，1000回測定を行う．

② 3.2.2項で述べた画像処理により検出ビームの重心位置を求める．

③ 1000個の重心位置の標準偏差σを求める．

④ 距離分解能dZは，(3)式の$d\xi$に，2σを代入した式により定義した．

図３―２―９は，各Z位置での，分解能の測定結果を示す．

図３―２―９から，測定深度100mmにわたって，7μm以下の分解能を実現できている．また，図３―２―９において，無印の一点鎖線は，ラインセンサー上の分解能が，1/10ピクセル(画素)である場合のZ方向の分解能を示している．図３―２―９より，前述した画像処理を用いることにより，1/10ピクセルの分解能を実現できている．また，図３―２―９より，Zの位置により分解能が，理論曲線(無印の一点鎖線)に対し，変動していることがわかる．この原因は，（５）項で説明したよう

に，図３―２－５のPA点のようなセカンドピークが，時間により変動するために，重心位置が若干変動し，分解能が低下したものと考えられる．実験結果１，２は，同一の実験を繰り返した結果である．

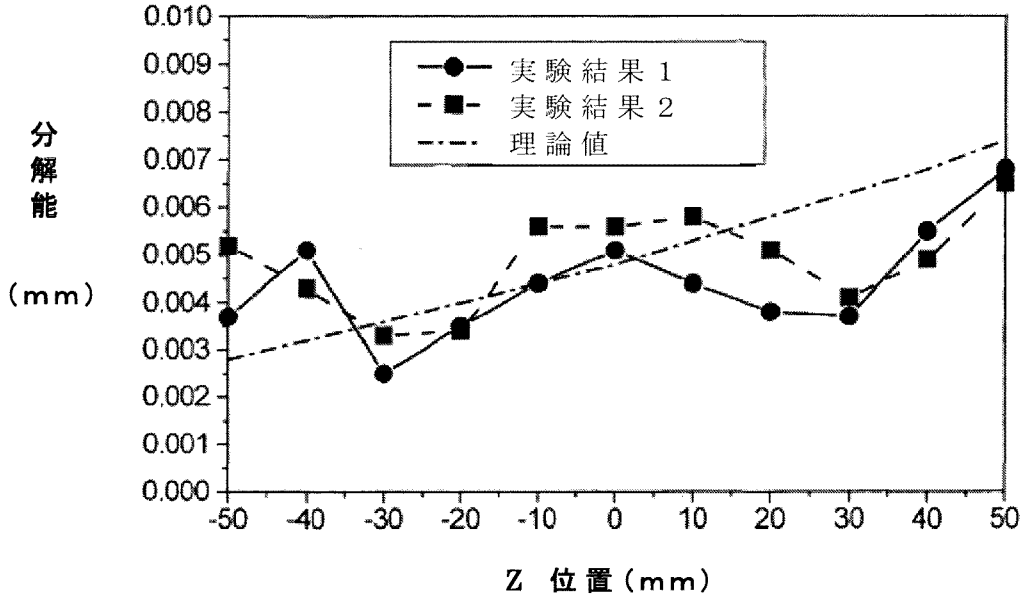


図３―２－９ 分解能の実験結果

（２） 精度測定実験

精度測定実験は，前述したように，走査ミラーを回転させ，その間，ラインセンサーにより，0.5ms毎に1000回サンプリング(v=1000)を行った．この測定を，深さ-50～45mmまで，10mmごとに，計11点のZ位置(u=11)で，10回(w=10)行った．(つまり，110回測定，データ数:11万)この測定データを基に，3.2.2（５）項で述べた距離算出方法を用いて，　Z方向の分割数gを5として，$F_i(\theta_j, Z_k)$を求め，平板計測精度および絶対位置精度を求めた．

ｉ） 平板計測精度

各Z位置での平板計測精度2 σ_kを，(16)式で定義した標準偏差σ_kの2倍として定義する．この平板計測精度は，平板を測定した場合の算出距離$F_i(\theta_j, Z_k)$のばらつきを表している．

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{w}\sum_{j=1}^{v}(F_i(\theta_j, Z_k) - \bar{F_k})^2}{(vw-1)}} \qquad (16)$$

ここに　$\bar{F}_k = \sum_{i=1}^{w}\sum_{j=1}^{v} F_i(\theta_j, Z_k)/vw$　　である．

図３—２－１０は，面粗さ2μmRaのアルミ基板を用いて測定を行い，平板計測精度を求めた結果を示す．図３—２－１０より，　Z=0の位置で平板計測精度18μm，各Z位置で，平板計測精度21μm以下を実現できている．この値は，HYMARC社製HYSCAN 45C (MODEL50:測定深度80mm)の平板計測精度34μm(Z=0の位置)に比べ約半分であり，高精度化が実現できている．

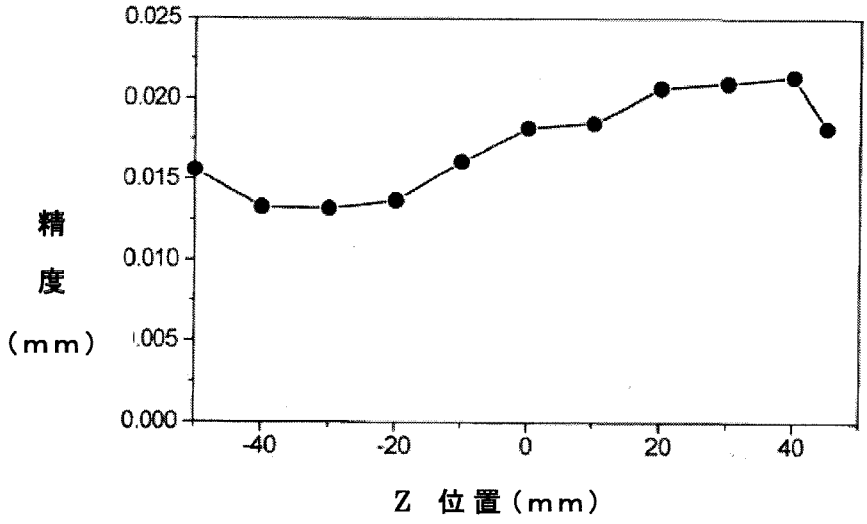


図３—２－１０　精度の実験結果

ii）絶対位置精度

各Z位置での絶対位置精度ac_kを(17)式のように定義する．この絶対位置精度は，測定位置Z_k(位置決め精度:1μm以下)と算出距離$F_i(\theta_j, Z_k)$の平均$\bar{F}_k$との差を表している．

$$ac_k = \left| \bar{F}_k - Z_k \right| \qquad (17)$$

図３—２－１１は，面粗さ2μmRaのアルミ基板を用いて測定を行い，絶対位置精度を求めた結果を示す．図３—２－１１より，各Z位置で，絶対位置精度5.5μm以下を実現できている．

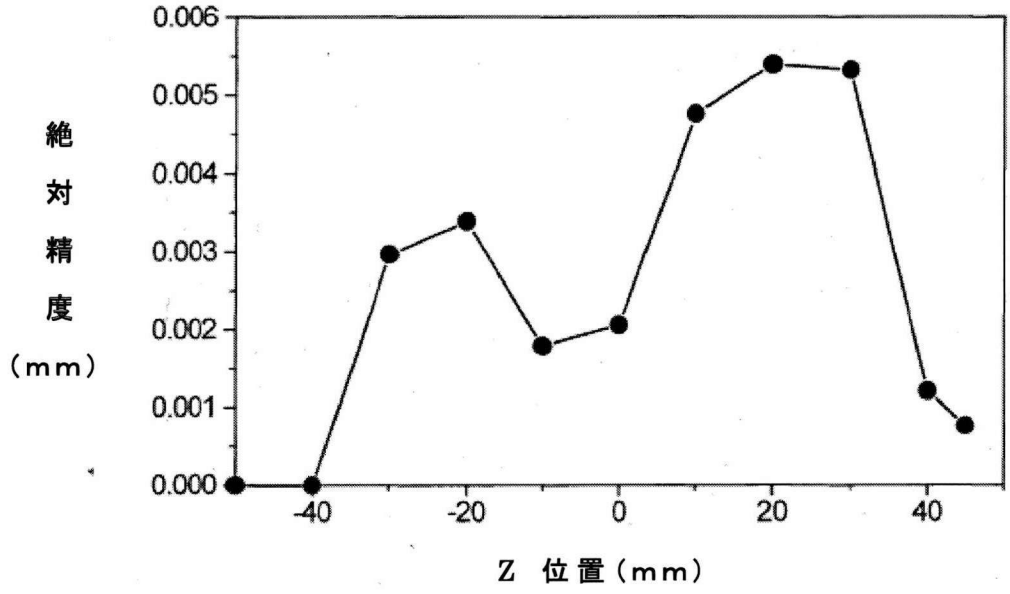


図３—２—１１　絶対精度の実験結果

（３）　デザインモデル測定結果

以上の平板での絶対値の実験に対して，平板ではない実際のデザインモデルを計測した場合の測定結果を示す．写真３—２－1に示すデザインモデルは，携帯電話のモックアップの樹脂デザインモデルで，材料が白色の樹脂，大きさが約１０ｃｍ，幅約５ｃｍ，高さ約２ｃｍである．本デザインモデルを測定した目的は，デザイナーが製作したモックアップを，3次元CADデータに変換するために，点群データを収集することを目的として実施した．写真３—２—１のA-A断面を測定した結果を，図３—２－１２に示す．外装デザインモデルは，キー部分が，別の基板側にあるため，外装には，穴が開いていいる形状になっている．そして曲面についても，測定できている．

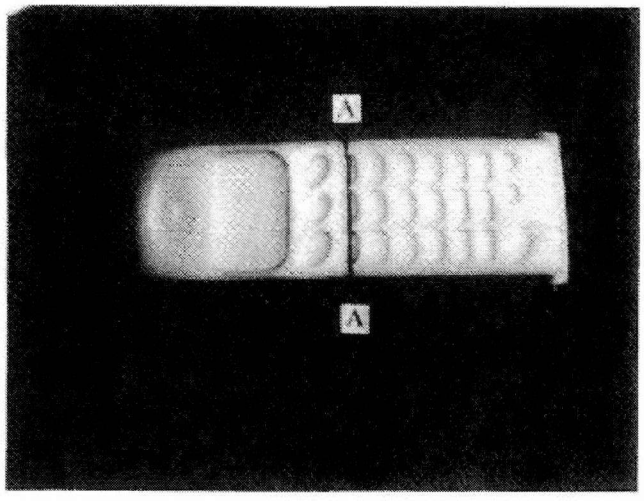


写真３—２－１　携帯電話外装例

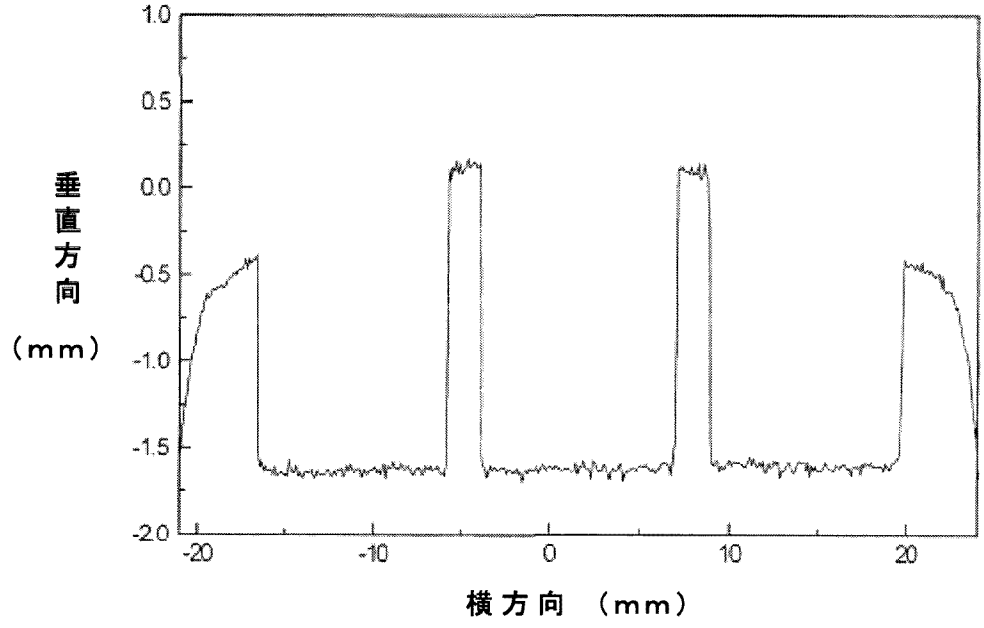


図３—２—１２　Ａ－Ａ’断面の測定結果

3.2.5　まとめ

本研究では，三角測量法の欠点である1)大深度測定化と高分解能化の両立が困難，2)被測定物の位置と撮像素子により検出されるビーム位置との関係は双曲線で表される非線形性を有しているため高精度化が困難という点を克服し，大きな被測定物を精度良く，距離計測することを目指し以下の結論を得た．

（1）円錐レンズを用いることにより，250mmにわたり，ビーム径15μm以下の照明光を実現した．

（2）微分処理を用いた画像処理により，測定深度100mmにわたって，分解能7μm以下を実現した．

（3）分割領域ごとの双曲線を用いたカーブフィッティングにより，測定深度100mm，測定幅60mmにわたり，平板計測精度21μm以下，絶対精度5.5μm以下を実現した．

これまで，困難であった，3次元形状物体を，大深度，高精度，非接触で測定できる装置の実現を可能にした．

第４章　技術経営視点からの新規事業創出

4.1　はじめに

我が国のエレクトロニクス産業において，新規の技術開発、とりわけ，付加価値が確保できる設備事業として，第３章の２．で示した，３次元センサーの技術開発を活用した３次元デジタイザの新規事業が，量産に至った要因を分析することは，技術開発から事業化への成功事例としての流れの道程として重要である．

また，後の先行文献で示すように，新規事業の技術戦略特性毎に分類し，分析しておくことは，今後の新規事業の創出を考える上で，重要であることから，その特性の異なる事例として上記の設備事業以外に，もう１事例を追加し，設備事業として合計２事例を，さらに，付加価値が確保できる技術戦略特性の異なるデバイス事業４事例を加えて，新規事業として，量産に至った事例を分析調査し，新規事業創出の道程を示す．

この新規事業創出に向けて，①開発リーダーの重要な資質や,その重要度,身に付けた時期,②開発ミドルや,開発トップの関与や行動,③技術シーズの創出方法,④差別化技術の創出方法,⑤技術開発から量産まで，当該技術が活用される方法,⑥市場予測能力，市場開拓の方法,⑦市場と差別化技術のマッチング方法,⑧量産時に必要な設備開発能力の具備方法など，組織と戦略について分析する．

組織に関しては，特に，開発リーダーの資質が重要であると過去の研究で，論じられていが，適材適所の方法，人材発掘方法，開発リーダーの選定方法，開発リーダーとして，保有しておくべき資質，に焦点を当てる．

戦略に関しては，技術の戦略的取り組みや，市場との適合，その間の困難を乗り越えて，量産につながっていくのかに焦点を当てる．

本研究で取り上げる新規事業とは，自社の事業領域にないもの，あるいは，市場に存在しないものとする．また，ここで，取り上げる事例は，新規事業として売上金額にかかわらず，量産に至ったものとする．

また本研究は，家電事業部門，デバイス事業部門と，生産技術部門を持つことを特徴とする，日本のエレクトロニクス企業を対象とする．

4.2 研究目的

本研究の目的は，設備やデバイスの事例研究として，技術の創発から量産化に至るまでを成功事例として，技術の創発の起源分類毎に，創発技術が開発途中の困難をどのように克服して量産までたどり着くかを研究することにより，今後の設備やデバイスの新規事業創出に向けての道程を示しとともにその手法を開発することにより，新規事業創出の成功確率を向上し,成功事例を増やすことにある．

4.3 先行研究のレビュー

4.3.1 組織

Maidique[3] は，新規事業創出における関係者として，①大きな技術革新を成し遂げた人としての「技術イノベータ」，②プロジェクト推進全般を担当する社内起業家（アントレプレナー）としての「事業イノベータ」，③初期の，特に正式スタート時点までの重要な段階での事業推進に貢献する「プロダクトチャンピオン，④技術開発の指揮を取る「開発トップ」，⑤新規事業の資金や人材，ものの投入を決定する「事業トップ」の存在を明示している．尚，筆者らのデバイスの新規事業創出では，複数の役割を実行する開発リーダーが存在する．そこで，開発リーダーを技術イノベータ，事業イノベータ，あるいはプロダクトチャンピオンの行動を有する人とする．

また，三隅[4]は，リーダーシップの二次元構造であるPM理論を提唱している．すなわち，リーダーシップには，仕事中心，業績達成（Performance）のリーダーシップと，人間関係中心，人間関係維持（Maintenance）のリーダーシップの 2 つの視点が存在し，その統合について論じている．

さらに，Litwin[5] らは，組織風土について，規則や基準などが明確にされ制度化されている組織構造のほかに，下位次元として，①自律的に行動できるかという責任(responsibility)，②労働の成果として得ることのできる報酬(reward)，③挑戦，リスクを取れる危険負担（risk take)，④人間関係が良好な場合の温かさと支持（Warmth and support)，⑤互いの競争や葛藤（Conflict）の存在などを上げている．

Burgelman[6] らは，グループリーダーおよびベンチャーミドル，新規事業担当部署，企業の経営陣の３つのマネジメントレベルを設定し，新しい事業機会のア

イデアや提案が，組織的な支援を得られる事業プロジェクトとして，新規事業担当部署へ移転され，さらに，トップマネジメントの信頼と承認を得て，企業全体の活動の中に組み込まれていく社内ベンチャーのプロセスモデルを提案し，このボトムアップのモデルでは，プロダクトチャンピオン活動やトップマネジメントを説得して事業プロジェクトの全社的な支援を引き出すことが重要であり，ミドルマネジメントが主要な役割を担うことが重要であると論じている．Block[7]らは，新規事業の成功には，母体組織の経営上層部と新規事業の経営陣という明らかに異なる２つのタイプのリーダーシップと経営が必要と主張している．また，Noori[8]は，技術と市場の両方の要因が，検討される場合に，事業化の成功率が高くなると論じている．さらに，Kim[9]らは，新規商品開発の初期段階での，マネジメントの重要性，すなわち，アイデアを事業化するためのマネージャやチームの割り当て方や，組織的支援方法などについて論じている．さらに，Walter[10]らは，周囲，すなわち，チャンピオンの行動がイノベーションの成功に結びつくこと，①革新的なアイデアの実行，②人脈つくり，③辛抱強くやり遂げる，④そのアイデアに責任を取るという行動の重要性を論じている．このように，新規事業開発において，関係者の様々な活動の重要性が論じられている．

これらの先行研究では，一般的な商品や事業を対象にしており，本研究で取り上げる設備やデバイスを対象にしていない．したがって，先行研究の成果が，設備やデバイスに適用できるか不明である．本研究でも，先行研究で取り上げられている項目である，開発リーダー，開発上司，開発トップ，経営トップや，リーダーシップ，組識風土，プロジェクトの進展，各段階でのマネジメントを取り上げる．

4.3.2 開発リーダー

上記の組織の中で，とりわけ，開発リーダーの役割，行動は重要である．開発リーダーに関する研究として，Bergelman[6]らは，社内ベンチャーの発明から事業化までのプロセス，すなわち，発展段階（開発段階）毎に，促進要因と阻害要因の詳細を記述し，優れたプロダクトチャンピオンとして，「柔軟性があり，適応力に満ち」（素直さ），楽観的，献身的で「創造的」，運が強く，「直観」（感性）に優れている，並みはずれた「忍耐力」（執念），「説得力」「技術的洞察力，情熱」，

先見性（先読み）が必要だと論じている．Rickne[11]らは，開発リーダーは，技術面で多くの高度な結びつきを持ち，「他社との人脈がある人」（人脈形成力）ほど，「独創性」（知恵工夫）にとんでいると論じている．一方，アントレプレナーの資質について，Zhao[12]らは，過去の研究で論じられた，アントレプレナーと５つの個性“Big Five Entrepreneurial”，すなわち，①神経質な「Neuroticism」，②強引で，支配的（突破力）で，精力的で，活発で，おしゃべりで，そして熱狂的である「Extraversion」，③「知的好奇心」（好奇心）があり，新たな経験も求め（挑戦），新規なアイデアを探求し，「創造的」な，革新的で，「想像力」が豊かな，思慮深い，そして 伝統的でない「Openness to Experience」，④内部の対人関係を重視し，信用し易くて，寛容で，思いやり深くて，利他的で，そして真に受けやすいと特徴づけられる「Agreeableness」，⑤目標達成に向けての，組織的な行動（政治力）（統率力），忍耐力（執念），過酷な業務達成（行動力，実行力）する「Conscientiousness」のうち，アントレプレナーには，③「Openness to Experience」と⑤「Conscientiousness」が高いとしている．Dvir[13]らは，新規性や，技術的不確実性が高いベンチャーのアントレプレナーは，新規性が低く，技術的不確実性が低いベンチャーのアントレプレナーより，「挑戦」意欲が高く，献身的，「起業家マインド」を持ち，夢多き人，「創造的」，リスクを取り，直観的（感性），研究好き，大志のある人材であると論じている．Brandstatter[14] は，1990 年代から 2010 年までの過去の２０年にわたるアントレプレナーの特性研究は，上記の５大分析に集約されるとしている．Allen[15] は，アントレプレナーとしても起業マインドや経営マインドが必要と論じている．Wolcott[16]らは，社内起業家として，粘り強さ（執念），見識，権威，独創性，好奇心，先見性（先読み）を有する人物と論じている．開発リーダーの資質，能力として，先行研究事例に記載された項目をまとめると，全２１項目であり，これを表４－３－１に示す．本研究では，設備やデバイスの新規事業創出に関して，これらの先行研究における開発リーダーの資質の 21 項目を採用し，それが必要なのか，重要なのかを検討する．

以上の先行研究においては，下記の課題，すなわち①新規事業創出に必要な開発リーダーの個性や能力は何か，②，開発リーダーは，その個性や能力をいつ身に

つけたのか，③開発を命じた上司の人物の個性や能力は何か，④開発を命じた上司は，開発リーダーのどの個性や能力を判断して人選したのかについて，技術の創発起源毎に研究されていない．そこで，本研究では，これらの課題を探求する．

表４—３—１　先行研究で取り上げた資質と能力

個性 / 著者名	素直さ	知恵工夫	好奇心	想像力	感性	執念	挑戦
Burgeleman ら	○	○			○	○	
Rickne ら		○					
Zhao ら		○	○	○		○	○
Dvir ら		○			○		○
Allen	○	○		○	○		
Wolcott ら	○	○		○	○		

能力 / 著者名	行動力	実行力	統率力	起業家マインド	政治力	突破力	人脈形成力
Burgeleman ら							
Rickne ら							○
Zhao ら	○	○	○	○	○	○	○
DVir ら				○			
Allen				○			
Wolcott ら					○		

能力 / 著者名	継続学習	論理思考	先読み	経営マインド	外部活用力	顧客満足	営業力
Burgeleman ら			○				○
Rickne ら							
Zhao ら							
DVir ら							
Allen		○		○		○	
Wolcott ら	○		○	○	○	○	○

4.3.3 技術戦略

Mintzberg ら[17]は，中央のトップダウンによる「Planned」（計画的）な戦略やボトムアップの個人的な「Entrepreneurial」（起業家的）な戦略など８種類の戦略があり，「Deliberate」（熟慮した）戦略や「Emergent」（意図しない）戦略の２通りが現実の戦略として存在するとしている．

Markham ら[18]は，技術の発見から，Pre-NPD，技術開発，量産化までの段階での死の谷として，リソースギャップが存在していると論じている．また，Beard ら[19]は，多くの段階を経て，量産に至ると論じている．さらに，Roberts[20]

は，技術アイデアから量産まで，6段階を経ていると論じている．Cooper[21]は，技術開発から量産化まで，Stage—Gate フルとして5段階を，Xpress として3段階，Liteとして2段階を提案している．そこで，本研究では，Cooperの3段階を採用し，事業化の段階として，量産開始までの3段階，すなわち，①調査・原理検証段階，②技術開発段階，③事業化準備段階から，量産に至った3段階での取り組みに焦点を当てる．

一方，新規事業の創出における技術の創発起源や戦略プロセスについて，種々の研究がなされている．Burgelmanら[6]は，テクノロジープッシュとニーズプルの2つの戦略があるとし，Klein[22]は，技術開発を先行するテクノロジープッシュよりも，市場洞察から得られた将来の製品コンセプトを追及するデマンドプルの方が，成功確率が高いと論じている．また，Burgelmanら[23]は，ボトムアップ戦略形成プロセスとトップダウン戦略形成プロセス戦略があり，その両方が使われていると論じている．また，Christensen[24]によると，技術戦略には，持続的イノベーションと破壊的イノベーションがあり，それらは，その時々で利用されており，破壊的イノベーションは，開発当初は明確な市場はなく，破壊的技術が採用されるまで，長い年月，何十年とかかるが，持続的イノベーションは，既存技術に基づきながらも，実質的に新しい方法でイノベーションが行われると論じている．さらに，Verwornら[25]は，新規事業では，量産に至る平均的な期間が，持続的イノベーションの 19.4ヶ月よりも，破壊的イノベーションの 24.6ヶ月の方が長く，技術と市場の不確実性を技術開発の初期に早期に解消することが重要と論じている．

このように，技術の創発起源の種類や，その成功プロセスについて，①ボトムアップ，トップダウン，②テクノロジープッシュ，マーケットプル，③破壊的イノベーション，持続的イノベーション，ごとに新規事業の創出起源を分析することは重要であり，一般的な傾向についての文献は存在しているが，具体的な対象物を絞った，例えば，設備やデバイスにおけるこのような分類毎の分析はされていない．

4.3.4 事業機会

一方，事業機会については，Barron[26]は，起業家は，①事業機会を積極的に

探索する場合，②市場機会を見出す能力を有する場合，③対象とする業界や分野での経験を有する場合に，事業機会を認識していると論じている．さらに，Zietsma[27]は，事業機会を認識している人は，よく知っている業界で働いたことがあることや，新しい事業機会を見出すには，積極的な事業探索とセレンディピティの両方が必要と論じている．そして，Harronら[28]は，事業機会に対する積極的で計画的な探索が重要と論じている．このように，技術が市場機会と適合させることが重要である．

これらの研究では，一般的，かつ，短期間での製品開発に関する研究であり，デバイスのような長期にわたる技術開発について，事例にもとづいた研究はされていない．

4.4 研究のフレームワーク

4.4.1 新規事業の定義

本研究で，取り上げる新規事業とは，自社の事業領域にないもの，あるいは，市場に存在せず，販売規模によらず，世界初として，量産に成功したものとした．

また，先行文献によると，新規事業では，①トップダウン戦略とボトムアップ戦略によるもの，②持続的イノベーションと破壊的イノベーションによるもの，③ニーズプルとテクノロジープッシュによるものがあると論じられている．さらに，自社事業領域内か，外で，企業の戦略の方向性にも拘わってくる．そこで，新規事業として，このような特性毎に分類し，成功要因等をまとめておくことで，今後の新規設備やデバイス創出の際の道筋を提供することになるので，上記特性を有する設備やデバイスを選定した．特に，経営層からのトップダウン戦略と現場層からのボトムアップ戦略形成の視点で検討した．

4.4.2 新規事業の開発段階

まず，事業化の段階として，量産開始までの３段階，すなわち，①発明や、セレンディピティによる発見による技術の創出と、その技術が原理的に製造できるかを検証する「調査・原理検証段階」，②当該技術の量産化の見極めをして、サンプル試作する「技術開発段階」，③量産に向けて生産準備をする「事業化準備段階」

と定義し、これに焦点を当てる．そこで，本研究のフレームワークを，図４－４－１に示す．

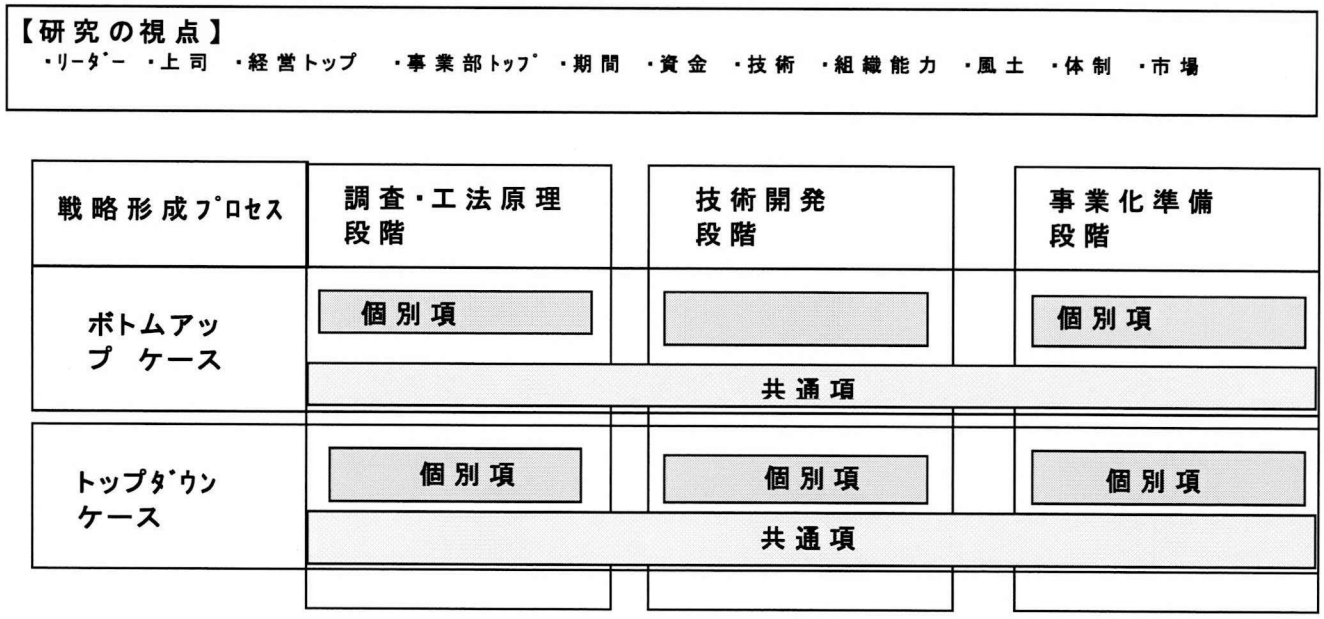


図４―４―１　新規事業の開発段階と戦略形成プロセスのフレームワーク

4.4.3 開発リーダー

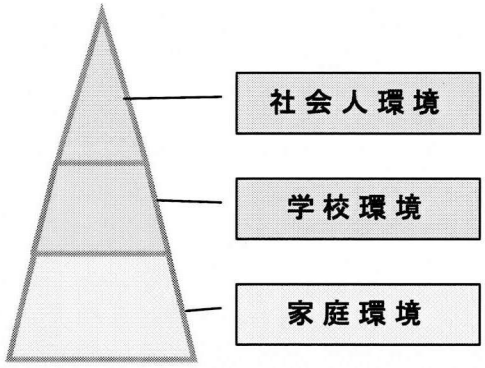
先行研究で，取り上げた項目に加えて，グループマネージャ（管理者）として，また，新規事業の開発リーダーに，特に重要と思われる項目として，スピード感ある行動，負けず嫌い　の２項目を追加し２３項目とした．表４―４―１にその項目を示す．

また，資質や能力を身につけた時期として，日本の学校教育や社会制度の観点から，①家庭環境（小学校まで），②学校環境（大学卒業まで），③会社の各段階で人は成長するとし，この３段階の区分を設定した．

個性と能力の２３項目で，開発リーダーに重要な個性や能力はどれか,重要度として５段階評価として,5が「非常に重要」、４が「かなり重要」、３が「普通」、２が「あまり重要でない」、１が「重要でない」とた。そして、５，４を抽出し、それらの取得時期をケース毎にまとめた．

表４—４－１　開発リーダの資質

項目	内　容
資質	素直さ，知恵工夫，好奇心，想像力，スピード，負けず嫌い，感性，粘り強さ，挑戦意欲,行動力，実行力，継続学習力，統率力，論理思考，先見性，起業家マインド，経営マインド，政治力，外部活用力，突破力，顧客満足，営業力，人脈形成力



家庭環境	学校環境	社会人環境			
		新規事業参画前	新規事業参画時		
			調査・工法原理段階	技術開発段階	事業化準備段階
P1	P2	P3	P3A	P3B	P3C

図４—４－２　開発リーダーの個性や能力の保有時期体系

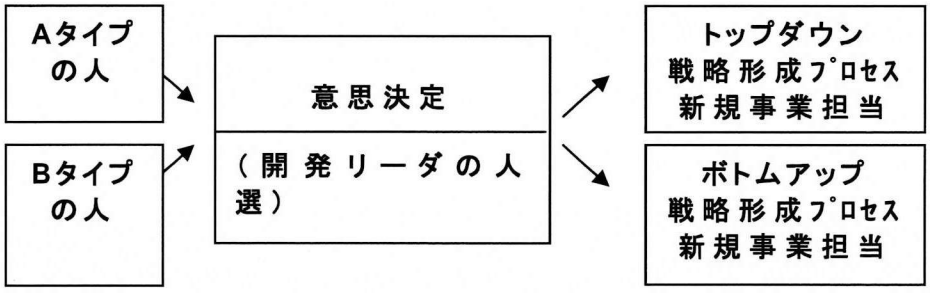


図４—４—３　開発リーダー投入のフレームワーク

先行研究においては，下記の課題に対して，詳細な研究はなされていない．すなわち,①新規事業創出に重要な個性や能力,その個性や能力を身につけた時期,②最も影響を与えた上司の人物像や，めぐり合った時期，③開発を命じた上司の

人物像，④開発を命じた上司は，開発リーダーのどの個性や能力を見て人選したかの判断基準である.これらについて,ボトムアップ戦略形成プロセスや，トップダウン戦略形成プロセス毎に分析する.

開発リーダーは,各種の特徴があると思われる.その特徴に応じて,たとえば,A タイプの人,B タイプの人と分類して,その人材を適材適所として,トップダウン戦略形成プロセスの新規事業や,ボトムアップ戦略形成プロセスの新規事業に投入することが望まれる.この開発リーダーの投入のフレームワークを図４－４－３に示す.

4.4.4 技術戦略と市場適合

Markham[18]は,「死の谷」として，開発に関わる必要リソースに対する不足や，開発分野の必要な専門技術の不足として定義されている．しかし，設備やデバイスの新規事業で開発された技術が量産に至らないという観点では，上記以外の要因も存在する．本研究では,「廃棄の谷」として，開発された技術が市場に出ることなく，組織内に埋もれることと定義する．経営戦略論では,「市場機会」について定義されているが，本研究では，開発された技術が，顧客価値を提供して売買される機会をいう．また，経営戦略論では,「市場との適合性」について定義されているが，本研究では，顧客が求める価値となる仕様を，開発された技術が満足していることをいう.

新規事業の開発段階として，調査工法原理段階，技術開発段階，事業化準備段階の各段階での必要要件，すなわち，仕様を満足して初めて，技術の市場への展開が見えてくる．途中の段階でも，仕様を達成できないなら，その技術は活用されず，すなわち，廃棄の谷に陥る．最終段階での技術開発結果が市場の求める仕様を達成して初めて，市場に適合することになり，事業化が実現し，市場投入されるが，適合しない場合には，当該技術は，市場に投入されず，すなわち，廃棄の谷に陥る．このような流れとして,図４－４－４に，新規事業創出プロセスのフレームワークを示す.

また,技術戦略と市場適合について考えるその課題は，①技術シーズの創造，②差別化技術の創出，③技術開発から量産までの廃棄の谷の克服，④市場予測能力保持，市場開拓，⑤市場と差別化技術の適合，⑥量産時に必要な設備開発能力の保有が考えられるが,それらについて，ボトムアップ戦略形成プロセスや，トップ

ダウン戦略形成プロセス毎に分析する．

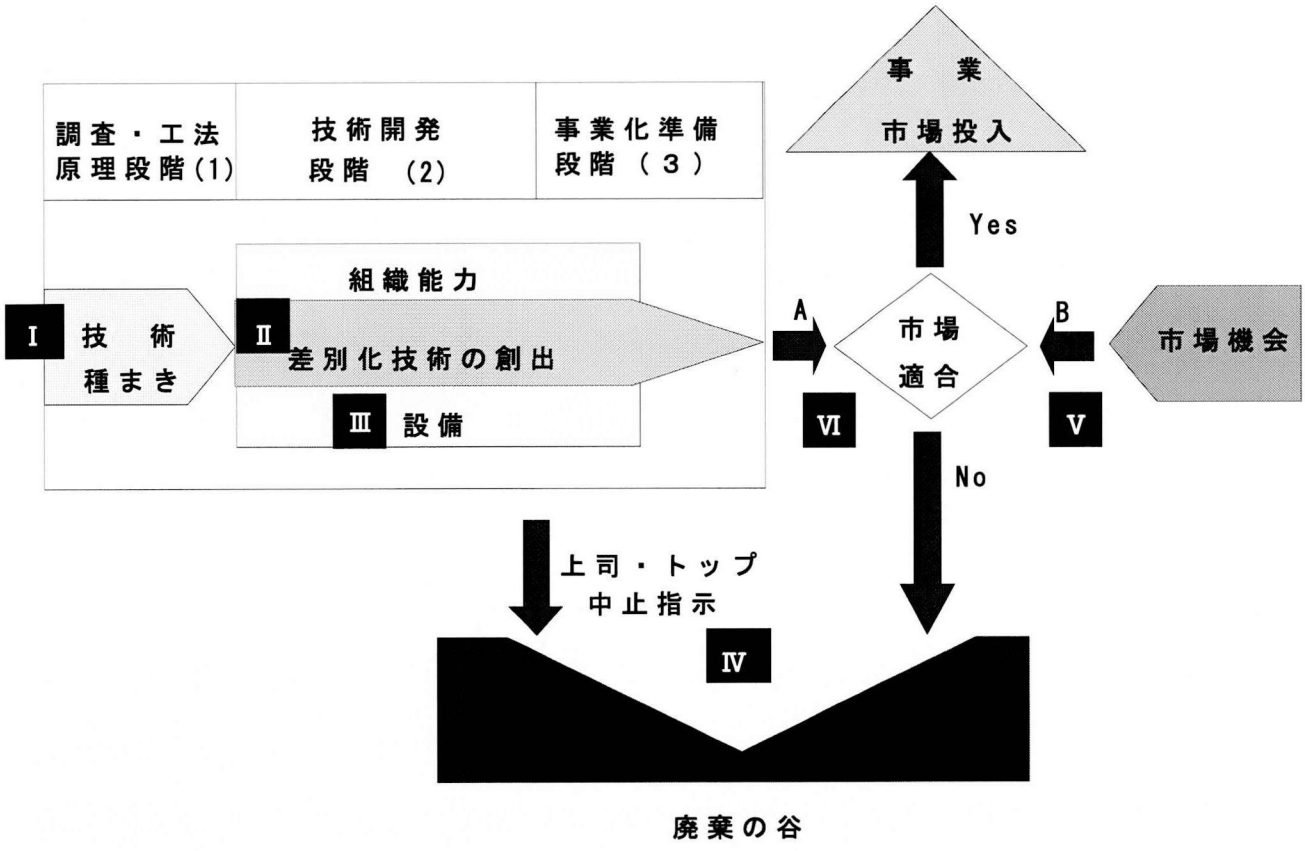


図４—４－４　新規事業創出のフレームワーク

4.5　研究方法

4.5.1 対象企業の特徴

本研究の対象企業は，日本のエレクトロニクス企業で，売り上げ金額が８兆円規模で，本社機能として，R&D 部門，生産技術部門及び，複数のドメインとその傘下の複数のビジネスユニットからなる事業部門を有する企業である．

本社 R&D 部門の活動は，活動資金の全額として，事業部門の売り上げ金額の一定の比率に乗じて算出された金額でまかなわれ，その部門の責任において，技術開発テーマの選定，進捗確認が行われている．

一方，生産技術部門の活動は，活動資金の一部を事業部門からの売り上げ金額の一定比率に乗じて算出された金額でまかなわれ，その部門の責任において，技術開発テーマの選定，進捗確認が行われている．また，残りの活動費用は，事業

部門からの具体テーマでの技術協力費や設備受託により活動が行われている．

また，その組織は，企業全体として，カリスマ創業者時代の，凝集性が高く，斉一性への圧力が高いという風土が保持されている．したがって，事業トップからの，指示命令には，一致団結した取り組みにより，スピード感ある実行がなされるという組織風土がある．一方，R&Dでは，新たな技術や，新規事業創出のために，ボトムアップからの新規テーマをあげる仕組みがあり，挑戦する制度があるが，成果主義であるが故に，内部での競争や葛藤が存在し，技術や市場ニーズの不確実性が高い場合には，協力する雰囲気がないという組織風土がある．

本事例研究では,対象企業の特徴や風土を記載しておくことは,今後の新規事業創出に係わる研究において,内部環境の影響を考察出来ると考える．

4.5.2 調査方法

本研究では，より詳細な具体的内容を把握するため，開発リーダーへインタビューを行った．インタビューでは，①開発リーダーの役割，行動，②周囲の役割，行動，意思決定，③技術シーズの創造，④差別化技術の創出，⑤廃棄の谷の克服，⑥市場予測と市場開拓，⑦市場と差別化技術の適合性，⑧量産技術力能力の保持の視点で，アンケート及びインタビューを行った．付録に，その内容を示す．

4.5.3 事例の選択条件と選択結果

本研究は，今後の新規デバイスの創造の成功への道程を示すことにある．　したがって，設備やデバイスにおける新規事業として，販売規模によらず，世界初として，量産に成功したものとした．また，先行文献によると，新規事業では，①トップダウン戦略とボトムアップ戦略によるもの[23]，②持続的イノベーションと破壊的イノベーションによるもの[24]，③ニーズプルとテクノロジープッシュによるものがあると論じられている[6]．さらに，自社事業領域内か，外かで，企業の戦略の方向性も変化する．そこで,これらを考慮して,表４―５－１に，取り上げる設備やデバイスの特徴を示す．

尚、技術開発の多くのテーマは、調査・工法段階、技術開発段階、事業化準備段階において、あるいは、量産時に、目標仕様を達成できないため、廃棄の谷に

陥る．また、環境変化により、その技術の必要性が希薄になることで、廃棄の谷に陥ることもある。この6事例は、環境変化なく、あるいは、環境変化への対応の中で、その目標仕様を達成した数少ない成功事例であるという理由で、選択している．

表４—５—１　事例の特徴

	設備 A	設備 B	デバイス C	デバイス D	デバイス E	デバイス F
	3次元ﾃﾞｼﾞﾀｲｻﾞ	超高精度3次元測定機	3次元基板	層間接続実装多層基板	高熱伝導シート	血糖値センサー
トップダウン戦略	○		○	○		
ボトムアップ戦略		○			○	○
持続的イノベーション	○		○	○		
破壊的イノベーション		○			○	○
ニーズプル	○	○	○	○		
テクノロジープッシュ					○	○
自社事業領域内			○	○		
自社事業領域外	○	○			○	○

新規事業として，このような特性毎に分類し，成功要因等をまとめておくことで，今後の新規設備，デバイス創出の際の道筋を提供することになるので，上記特性を有する設備，デバイスを選定した．特に，経営層からのトップダウン戦略と現場層からのボトムアップ戦略形成の視点で検討する．

4.6 事業化事例の分析

4.6.1 ３次元デジタイザ

（１）概要

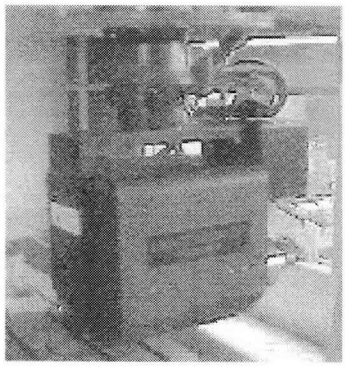
3次元デジタイザ（設備（A））の概要を図４—６—１　に示す．以下,3次元デジタイザを,設備（A）と表現する．

これは,モバイル機器の筐体をはじめ，外装成形品などの 3 次元形状の非接触測定に使用する設備である．

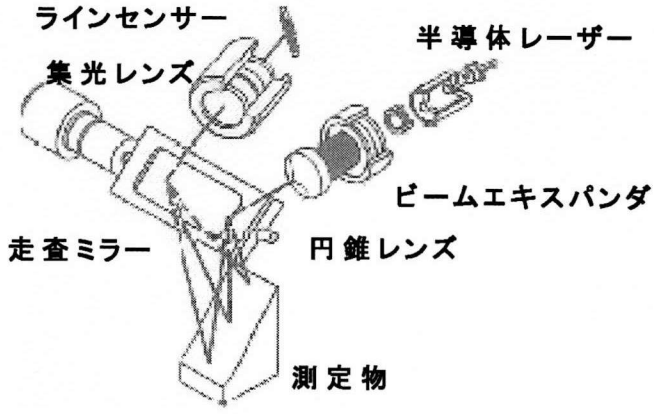
特徴は，高速走査光学系により，深度１００ｍｍ，分解能±２５μｍの測定が可能で，リアルタイムの点群モニタソフトにより，測定データの瞬時の確認が可能な点である．

測定原理は，円錐レンズ,半導体レーザ，走査ミラー，ラインセンサを用いた三角測量で，測定スピードは３３００点／秒で,計測し,測定物の各ポイントの座

標位置を測定でき，測定点群の集積で，三次元形状を表示できる．



測定ヘッド外観



測定部詳細

図４—６—１　３次元デジタイザ（設備（A））の概要

設備（A）は，自社の事業に無く，市場にもないが，自社に保有技術があり，経営トップからの，戦略形成プロセスで量産に成功した事例である．

調査・工法原理段階では，開発リーダーは，上司の指名により，３名体制で，開発を開始し，必要要素は，外部から調達し，顧客価値があるソフトのみ自社開発を実施している．この間，１年である．

技術開発段階では，装置としてのシステムインテグレーションを行い，顧客にとって価値あるソリューションを開発している．また，開発リーダーは，市場調査をして，今後市場が拡大することを認識している．外部調達した要素が品質不良のため，顧客の要望を踏まえ，差別化した独自のセンサーを開発，内製化している．この間，１年である．開発リーダーは，顧客満足，スピード，学習，挑戦，執念，知恵，先読みの行動をとって開発を進めた．

事業化準備段階では，４名体制になり，営業部門と同行して，販売機会を増やしている．また，トップは，市場拡大の予測と差別化技術を有することから，外販を決断している．この間に，１年を要している．図４—６－２に開発履歴を示す．

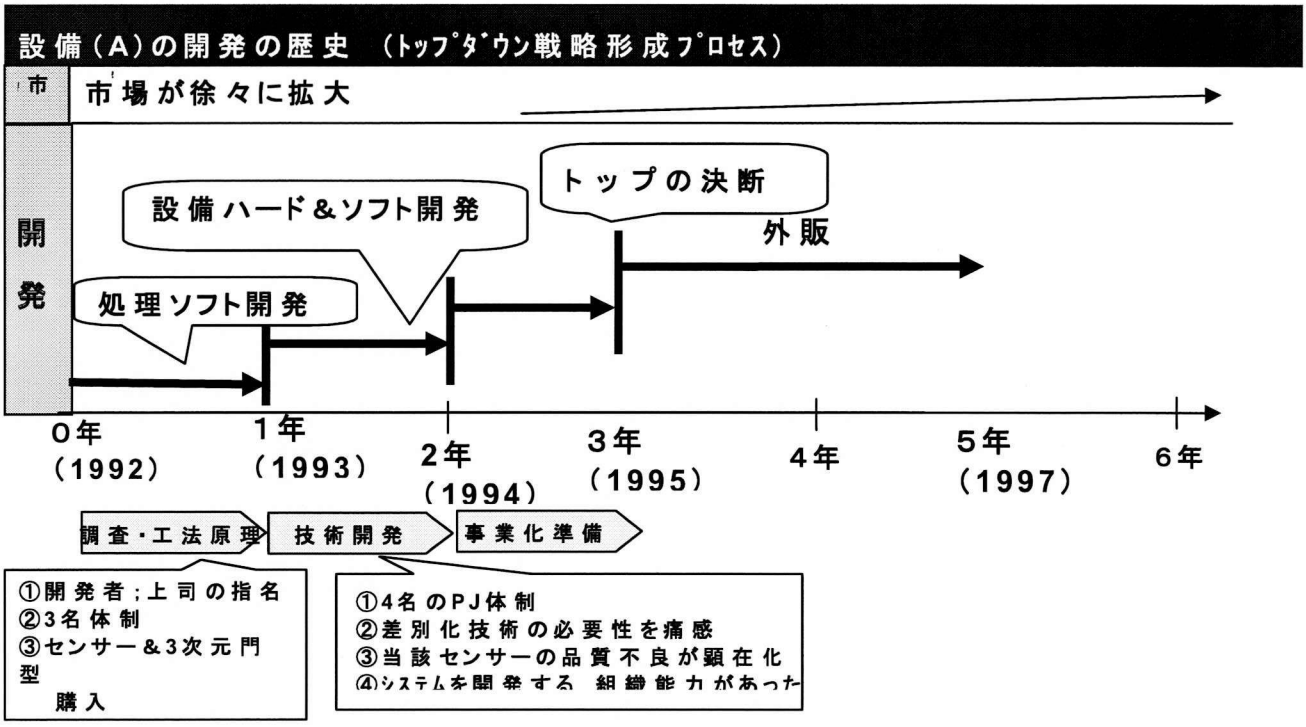


図４—６—２　設備（A）の開発履歴

（2） 開発リーダー

設備（A）の場合は，図４—４—２の，家庭環境（P１）で，素直さ，知恵工夫，好奇心，想像力，スピード，負けず嫌い，感性，行動力，実行力を身につけ，学校環境（P2）では，執念，継続学習力，挑戦，統率力，論理思考を身につけている．そして，入社後，数年の技術開発，設備開発を行う中で，マネジメントの経験を積んでいる．上司は，本人の行動力，実行力，挑戦意欲，突破力を評価して，開発リーダーを任せている．また，最も影響を受けた上司にめぐり合った時期は，図４—４—２の新規事業創出前（P3）で，その時の上司は，適度な厳しさであった．開発リーダーを命じた上司は，知恵工夫，好奇心，想像力，スピード，感性，行動力，実行力，挑戦，先見性，起業家マインド，経営マインド，外部活用力，突破力，営業力，を身につけており，それを目の当たりにしながら，育っている．

最も成長した期間は，図４—４—２の新規技術開発前（P3）で，その時に身につけたのは，先読み，起業家マインド，経営マインド，営業力，顧客満足である．社会人になってから，先読み，起業家マインド，経営マインド，政治力，外部活用力，突破力，営業力，人脈形成力，顧客満足の合計２３項目を身につけている．図４—５－２に，開発リーダーの資質を身に着けた時期を示す．図４－６－３に開発リーダーの資質を身に付けた時期を示す．

尚，太枠棒は，重要度評価で５段階の最高度５を，棒は，４をしめす．

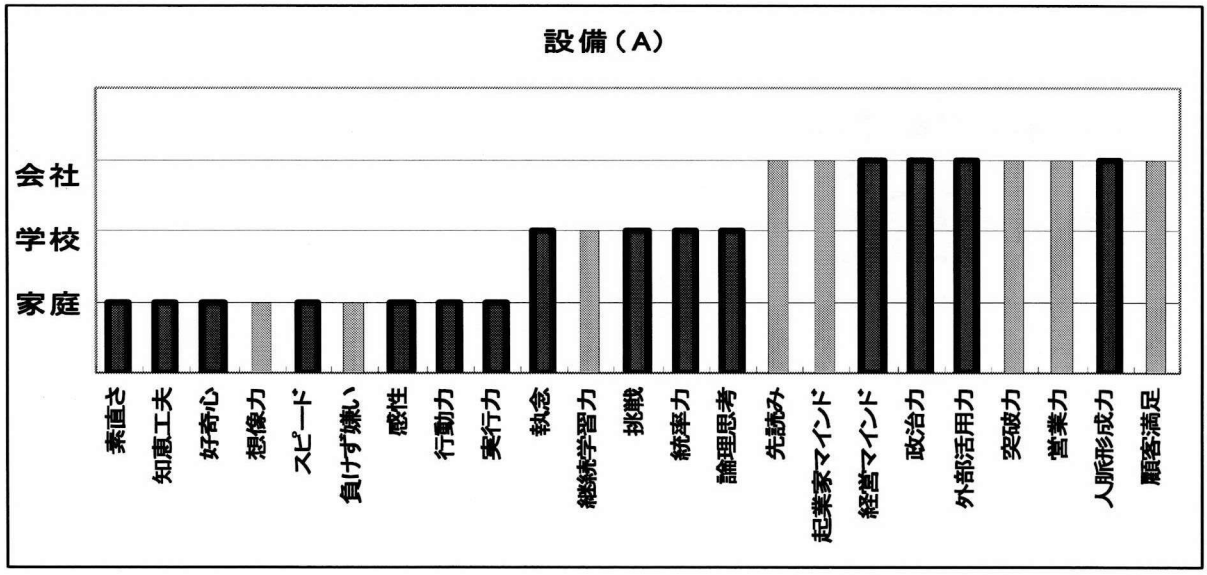


図４—６—３　設備（A）の開発リーダーの資質を身につけた時期

（2） 技術戦略と市場適合

技術シーズの創造，すなわち，技術の種としては，オープンイノベーションともよぶ，他社の技術と，組織として蓄積してきた組織能力として，生産技術として蓄えられていたものである．

差別化技術は，市場のニーズにこたえられる，システムのコンセプトをまず構想した．第一段階としては，それを実現するため他社から調達した要素技術や，システム全体としての設備を全社の生産技術部門が，組織を挙げて協力し，力を合わせて，取り組んだ結果，種々の課題を乗り越えて実現できた．第二段階では，外部調達した要素技術が，Q，C，D の観点から，市場の要望に沿えなくなったため，他社の要素技術に代えて，自社の独自発明を行い，すべて，内製化を図って，商品としての設備を開発している．本技術は，第３章，２．に記載の新たに考案した光学技術と設備化技術によるものである．また，量産技術では，自社の独自発明を生産技術部門が開発したことが大きく貢献している．

廃棄の谷の克服について，各開発段階で市場から要求される，Q，C，Dのマイルストーンを実現する３次元デジタイザシステムを当初は他社の要素技術を活用して，顧客の要求する仕様を満足するものを開発し，その目標を達成したが，途中，Qが満足されず，本来であれば廃棄される所を不足機能要素を自社開発し，

廃棄の谷を乗り越えている．最終局面では，当該開発は，経営トップの指示によるため，組織能力が発揮され，目標を達成したことで，廃棄の谷には，陥っていない．これは，自社要素の開発を成功させた開発リーダーの執念とトップダウンの支持による組織能力の賜物といえる．

市場予測と市場拡大では，開発トップが当該営業部門より市場情報を入手し，それを元に，顧客が待ち望んでいた設備を実現できたことや，社内で，当該設備を活用する社内市場が存在していたことも，重要な成功要因である．

市場と差別化技術のマッチングでは，市場が要求する．Q，C，D　を満足する仕様目標を，トップダウン戦略により，組織能力を総動員して実現している．

尚，生産技術力としては，第３章２．で示した，発明した幾何光学工法技術と過去に蓄積してきた，メカトロニクス技術の組み合わせた摺りあわせ技術である．この生産技術が，新たな設備の新規事業の基礎となっている．

4.6.2 超高精度三次元測定機（設備 B）

(1)概要

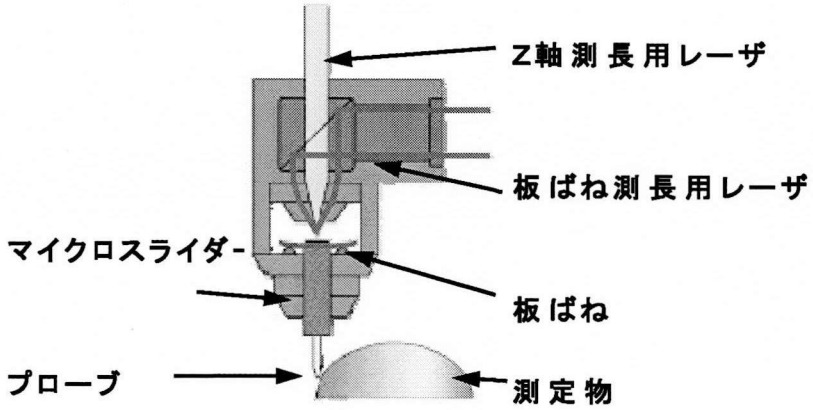
図４―６―４に，超高精度３次元測定機（設備（B））の概要を示す．以降,超高精度３次元測定機を,設備（B）と表す．

この装置は，光学レンズ等の精密部品の三次元形状の測定に使用するものである．

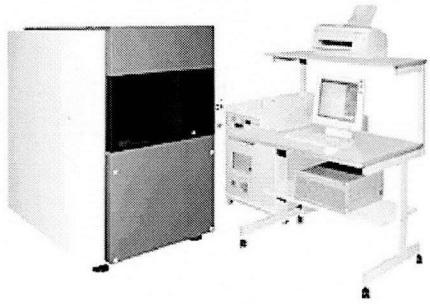
特徴は，原子間力を利用し，測定面の形状を超高精度（ナノオーダー）に測定が可能なことである．

測定原理は，まず，測定面にプローブを近接させ，原子間力(斥力)を発生させ，次に，原子間力による板ばねのたわみをレーザー測長し，一定保持されるようプローブを位置制御し，さらに，マイクロスライダーで生じる上下動をレーザー測長し，Ｚ方向の変位を測定するものである．

設備（B）は，自社の事業にはなく，保有技術もなく調査・原理検証段階から，現場の戦略形成プロセスにより，量産に成功したものである．図４―６－５に開発履歴を示す．



測定部詳細



装置外観

図４—６—４　超高精度３次元測定機（設備（B））の概要

調査・工法原理段階では，開発リーダーが一人で業務時間外もアイデアを考え，独創的な工法を開発した．体制は，一人であり，業務時間外に自由時間を使って，検討している．この間，２年を要している．

技術開発段階では，開発リーダーの見識，挑戦，執念，顧客満足の視点から，昼夜間を問わず，設備の工法を考えている．開発体制は，２～３名で，開発費が少ないものの，自由な開発風土の中で，上司は，中止させることなく，開発リーダーに任せている．その間，周囲は冷淡であった．また，開発には４年を要している．

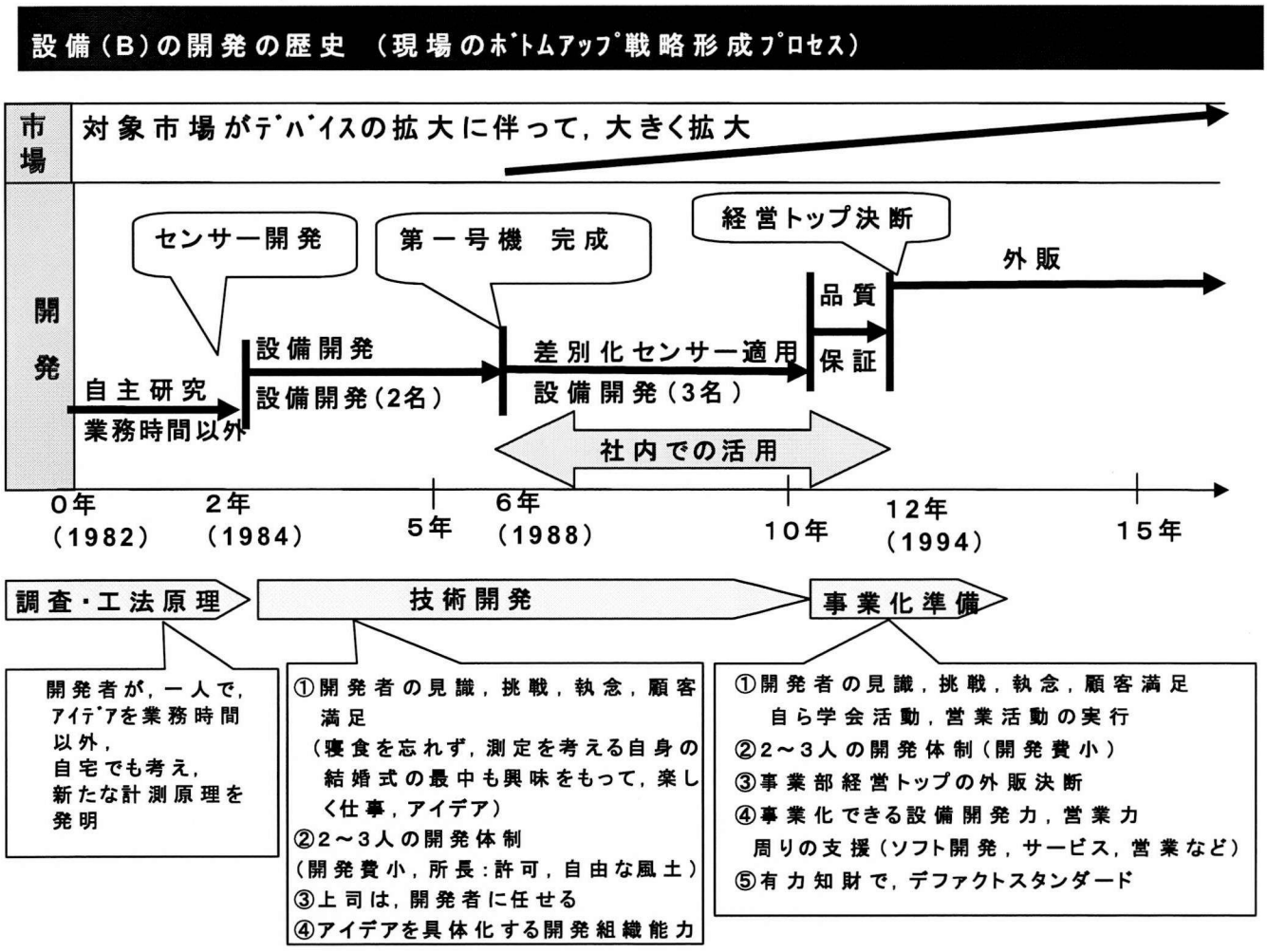


図４—６—５　設備（B）の開発履歴

事業化準備段階では，開発リーダーの，挑戦，執念，顧客満足の信念をもって，自ら，学会活動，営業活動を行っている．開発体制は，２～３名で，上司は，開発リーダーに任せている．組織は，当該設備を開発できる設備開発力を有している．また，当該設備は，企業内にて購入する部門があり，その設備の商品価値向上に役だっている．この間，６年を要している．当該設備を利用するデバイスの市場は，拡大を続けており，事業部経営トップは，外販を決断し，組織は，その営業力など，事業に必要な組織能力を有し，発揮している．また，当該設備は，これらの取り組みにより，世界市場でのデファクトスタンダードになっている．

（２）　開発リーダー

設備（B）の場合は，図４—４—２の家庭環境（P１）で，素直さと好奇心を身につけ，学校環境（P2）では，知恵工夫，スピード，負けず嫌い，想像力，執念，挑戦を身につけている．

次に，そして，入社後，数年の商品開発等を行う中で，挑戦の資質を身につけており，その商品開発の中で，将来，必要となると思われる計測器に，自ら手を上げて，新規事業着手したいという本人の意向が生かされている．上司は，本人の執念を評価して，開発リーダーを任せている．

また，最も影響を受けた上司にめぐり合った時期は，図４―４－２の事業化前段階（P3C）で，その時の上司は，適度な厳しさであった．

開発リーダーを命じた上司は，素直さを身につけており，それを目の当たりにしながら，育っている．

最も成長した期間は，図４―４―２の新規技術開発前（P3）で，その時に身につけたのは，これまで以上の挑戦の取り組みであった．

最終的には，政治力，実行力，先読み，起業家マインド，経営マインド，外部活用力，行動力，営業力，顧客満足、突破力を社会人で身につけ，合計１８項目を身につけている．図４―６－６に，設備（B）の開発リーダーの資質や個性を身に着けた時期を示す．尚，太枠棒は，重要度評価で５段階の最高度５を，棒は，４をしめす．

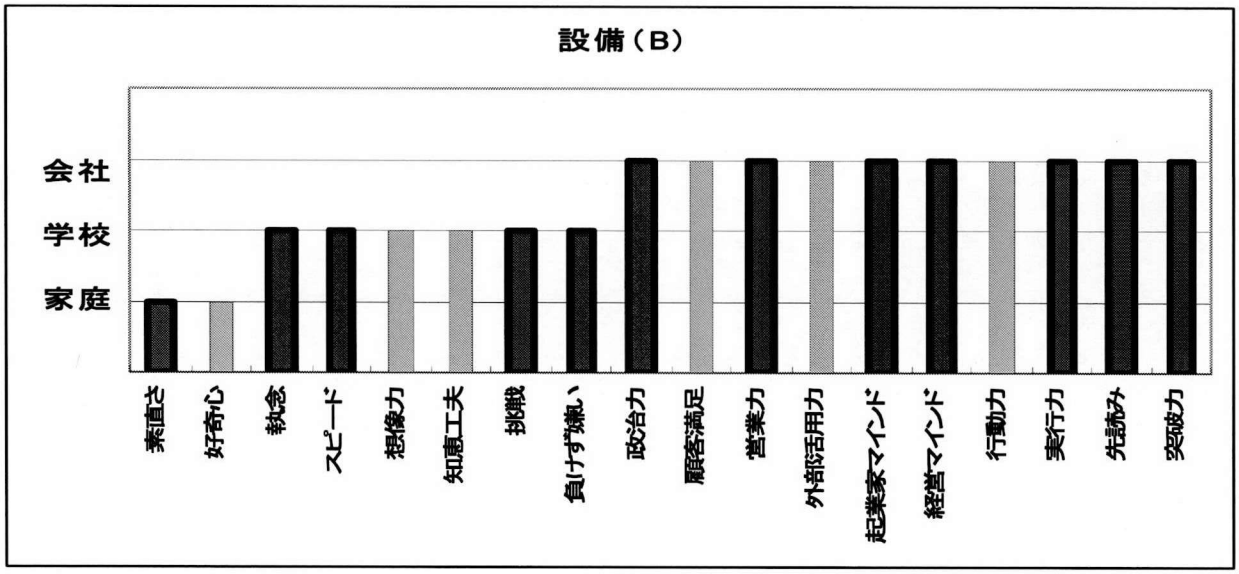


図４―６―６　設備（B）の開発リーダーの資質を身に着けた時期

（3）技術戦略と市場適合

技術シーズの創造，すなわち，技術の種は，開発リーダーが，学生の時に学び，身に着けた技術，そして，企業に入社した後に，業務で身に着けた技術がベース

になっている．

差別化技術は，開発リーダーが，将来，必要となるとの思いから，学生時代に学んだ技術と，入社後，身に着けた技術を融合して，独自の発明により，開発したものである．また，その発明を具体的に実現する生産技術は，組織能力として育まれてきたものである．

また，量産技術では，生産技術部門が組織能力を駆使して，開発したことが効果的であった．

廃棄の谷の克服について，各開発段階での，Q，C，Dのマイルストーンを実現する設備技術，ソフトウエア技術が開発され，その目標を達成して，それを乗り越えている．特に，社内でのユーザーが存在したため，その中で，使える具体的商品仕様を提示されながら，その目標を達成している．そして，これを，外販する決断が，開発トップの了解のもとに，実行されている．したがって，廃棄の谷には，陥っていない．これは，開発リーダーの執念と組織能力の賜物及び，開発部門のトップを含む周囲が，開発費用の提供などの支援と開発の継続的支援がある．

市場予測と市場拡大では，社内での当該設備の活用の状況とそれを利用する商品動向から，当該設備の市場が広がることが，調査会社の市場調査からも明らかとなっている．

また，開発リーダーは，当該設備の有効性を学会で発表するなど，学術分野からの広報活動で，市場を自ら切り開いている．社内で，当該設備を活用して，商品を生み出していることから，その活用を要望する事業部の強い要請に答えることで，社内市場が存在していたことも，重要な成功要因である．

市場と差別化技術のマッチングでは，市場が要求する．Q，C,D　を満足する仕様目標を，開発リーダーの戦略と執念により，組織能力を総動員して実現している．

尚，生産技術力としては，開発リーダーの発明により，原子間力プローブとレーザ測長技術という工法と，メカトロニクス技術のすりあわせ技術による．

4.6.3　3次元実装基板（デバイス（C））

（1）概要

3次元実装基板（デバイス（C））の概要を，図4―6―7に示す．以下,3次元実装基板を,デバイス（C）と表す．

これは，IC，アンテナ，センサ等を組み込んだ電子機器向け3D実装デバイスとして使用する製品である．特徴としては，射出成形品と電気回路の一体化による，機器の小型化への対応があり，独自レーザー技術で，他工法の3D射出成形品に比べ，超微細パターン形成可能な点である．

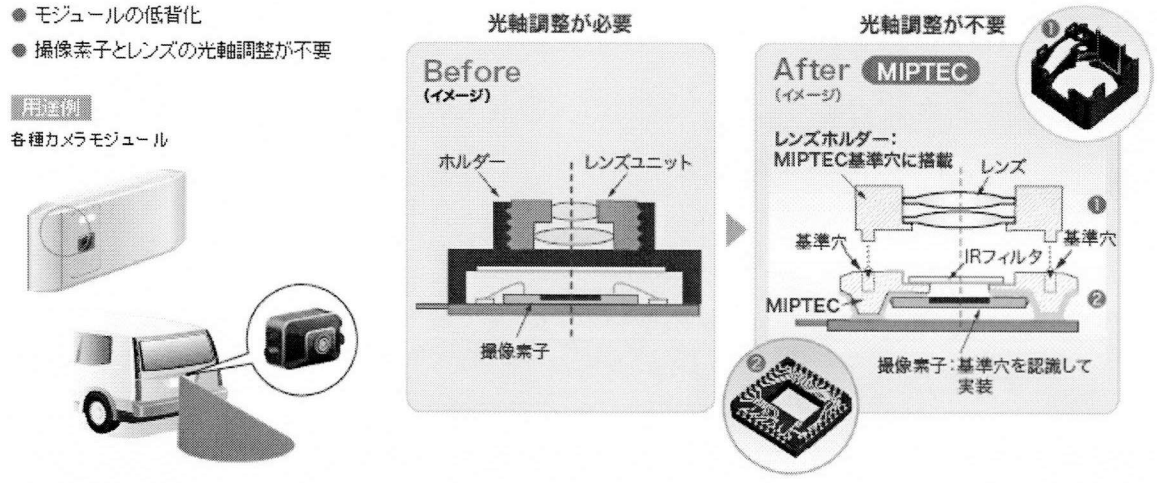


図4―6―7　3次元実装基板（デバイス（c））の概要

デバイス（C）は，自社の事業領域内で，市場にもないが，自社に保有技術が点在し，トップからのトップダウン戦略形成プロセスにより，量産に成功した事例である．図4―6―8に開発履歴を示す．

調査・工法原理段階では，3名体制で開発を開始し，一つの工法が開発され，4年の期間を要した．この間，開発リーダーは，この技術が必ず役に立つとの考えのもと，顧客満足，執念と挑戦を発揮して，技術開発を続けた．

技術開発段階では，7名のメンバーが開発を推進して，別の工法が開発された．この間2年を要した．上司，経営トップは，潤沢な資金の提供や支援を十分に行った．

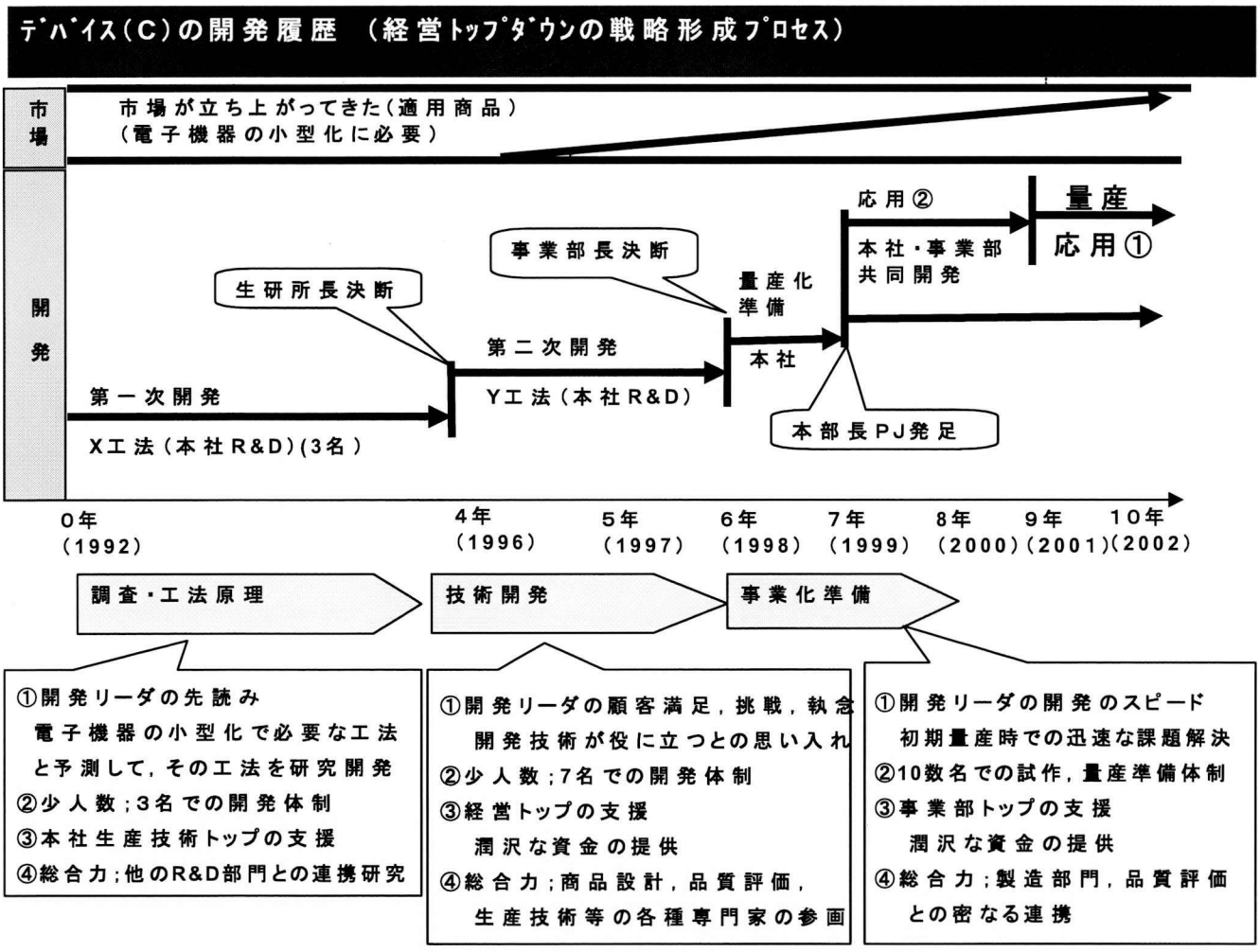


図４—６—８　デバイス（C）の開発履歴

事業化準備段階では，各組織機能が，その組織能力，専門技術力を十分発揮して，市場が求める技術を開発し，新規事業が生まれた．この間，数十人規模の人員が投入され，１年で，事業化準備が完了した．

（2）開発リーダー

デバイス（C）の場合は，図４—４－２に示す，家庭環境（P1）で，素直さ，好奇心，想像力，負けず嫌いを，学校環境（P２）で，行動力，実行力，執念，挑戦，論理思考を取得している．次に，入社後数年間，研究所で専門技術の開発にかかわる期間（P3）となっている．

最も影響を受けた上司とは，新規事業参画前（P３）の時期に，めぐり合い，その上司は，要求や仕事に厳しい上司であった．

そして，開発を命じた上司から，その時の素質として，好奇心，実行力，執念，

挑戦意欲の複数の項目が認められ，開発リーダーに任じられている．

開発を命じた上司は，行動力，実行力，起業家マインド，経営マインド，突破力，人脈形成力を有する人物で，それを目の当たりにしながら育っている．

また，最も，成長した期間は，図４―４―２の調査原理段階（P３A）で，執念や，継続学習力，統率力，人脈形成力，顧客満足を身につけて成長している．

そして，最終段階では，入社前の，素直さ，好奇心，想像力，負けず嫌い，行動力，実行力，執念，挑戦，論理思考に加えて，統率力，政治力，外部活用力，人脈形成力，顧客満足の計１４の項目を身につけている．図４―６―９にデバイス（C）の開発リーダーの資質，能力を身につけた時期を示す．尚，太枠棒は，重要度評価で５段階の最高度５を，棒は，４を示す．

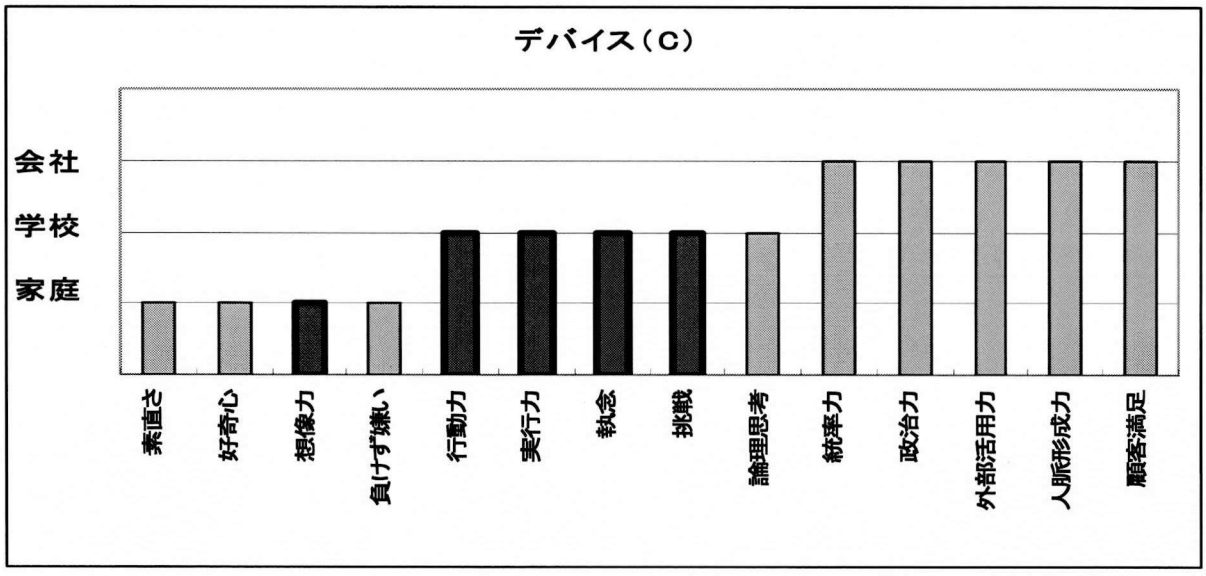


図４―６－９　デバイス（C）の開発リーダーの資質，能力を身につけた時期

（３）技術戦略と市場適合

技術シーズの創造，すなわち，技術の種は，自社保有の生産技術のプラットフォームに，新たに，工法・生産技術を付け加えて，デバイスのものづくりを実現することが可能になった．すなわち，技術の種は，組織能力として，保有してきたものである．

差別化技術の創出では，市場からの携帯機器の更なる小型化に向けて，３次元形状の小型デバイスの必要性が増してきて，経営トップの号令の元，開発リーダーが指名され，デバイスのコンセプトを，あるべき，品質（Q），コスト（C），

生産リードタイム（D）を実現する工法，設備を，組織能力を最大化して，実現している．

廃棄の谷の克服について，各開発段階での市場から要求される，Q，C，Dのマイルストーンを実現する工法が開発され，その目標を達成して，それを乗り越えている．最終局面でも，当該開発は，経営トップの指示によるため，組織能力が発揮され，目標を達成したことで，廃棄の谷には，陥っていない．その理由は，①開発リーダーの執念と②組織能力により目標が達成できたこと，③開発トップ，事業トップが，市場ニーズが明確であったため，業績達成の強いリーダーシップで，執念をもって開発をリードし，中断させなかったことである．すなわち，開発ミドル，トップの持続的支援があった．

市場予測能力，市場開拓については，事業トップ自らが市場を調査し，トップセールスを行い，情報をつかんできている．

市場の適合性については，上記，トップダウン戦略により，市場が求める正確な要求仕様を把握できており，これを達成することで，市場投入が可能となっている．

また，当該デバイスを量産する設備についても，事業部の生産技術部門のみでなく，本社の生産技術部門が不足分を補完し，組織能力として実現している．本社の生産技術部門は，数十年にわたって，生産技術を蓄積してきている．廃棄の谷に陥った生産技術，たとえば，廃処理の環境規制のため，利用されなかった金属めっき技術が，廃処理技術の進化に伴い，後の新規事業の創出に必要な生産技術として活用されている．具体的には，回路形成時のめっき技術が，当該デバイス開発時に活用されている．

4.6.4 層間接続実装多層基板

（1）概要

層間接続実装多層基板（デバイス（D））の概要を，図４－６－１０に示す．以下，層間接続実装多層基板を，デバイス（D）と表す．

これは，モバイル端末等のデジタル機器向けの高密度プリント配線板として使用する部品である．

特徴は，スルーホールが必要ないため配線収容性が高く，機器の小型化・軽量化に対応可能な点である．

デバイス（D）は，自社の事業領域ではあるが，市場になく，自社に保有技術が点在し，トップからの戦略形成プロセスにより，量産に成功した事例である．図４－６－７に開発履歴を示す．

調査・工法原理段階では，まず，経営トップが開発することを決断し，R&D 部門へ開発を要請した．開発リーダーは，デバイスの利用経験から，新しいデバイスの概念を関連メンバーと作成するとともに，多くの業務経験，多くの職場経験により構築してきた人的ネットワークを駆使して，その実現に向けた強い意思で，顧客満足，スピード，学習，挑戦，執念，知恵，先読みの行動をとって開発を進めた．その間３年を要した．

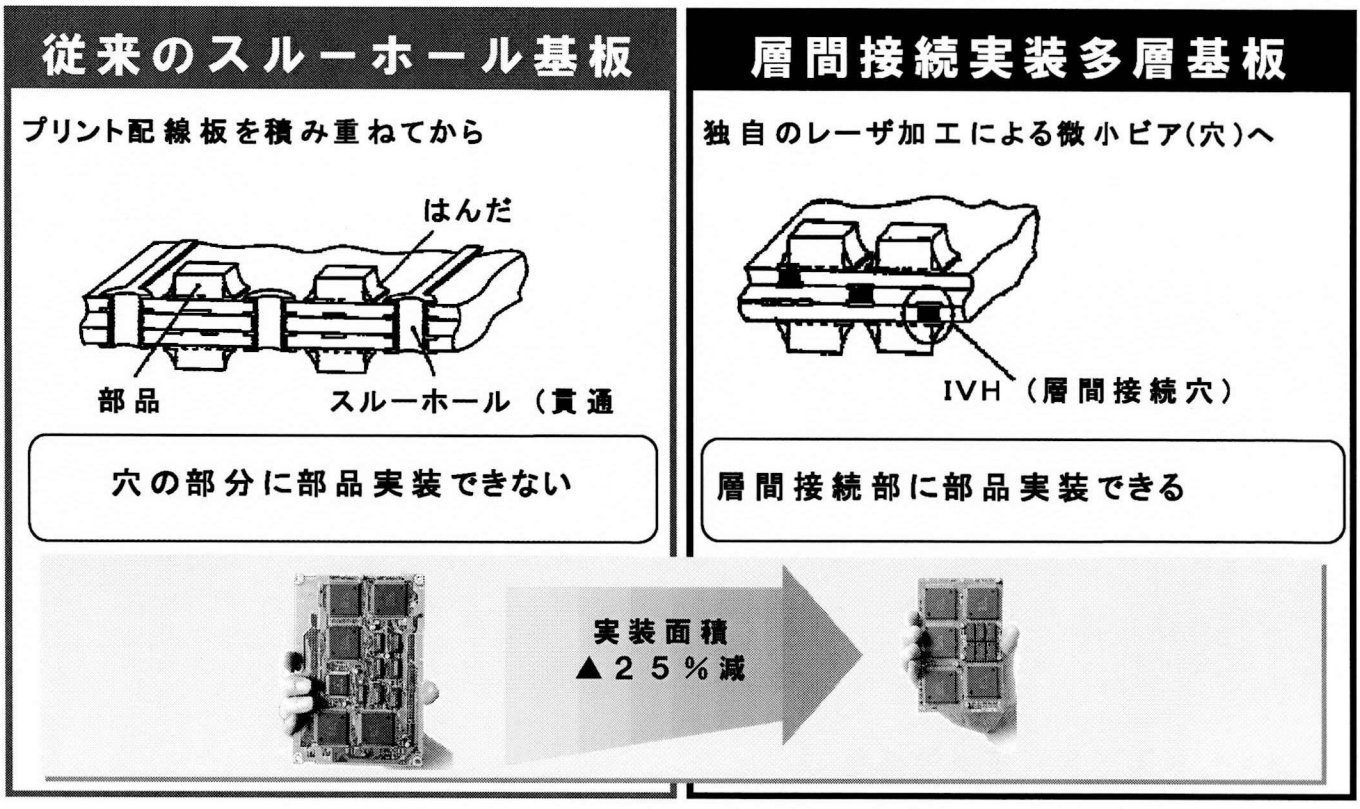


図4—6—10 層間接続実装多層基板（デバイス(D)）の概要

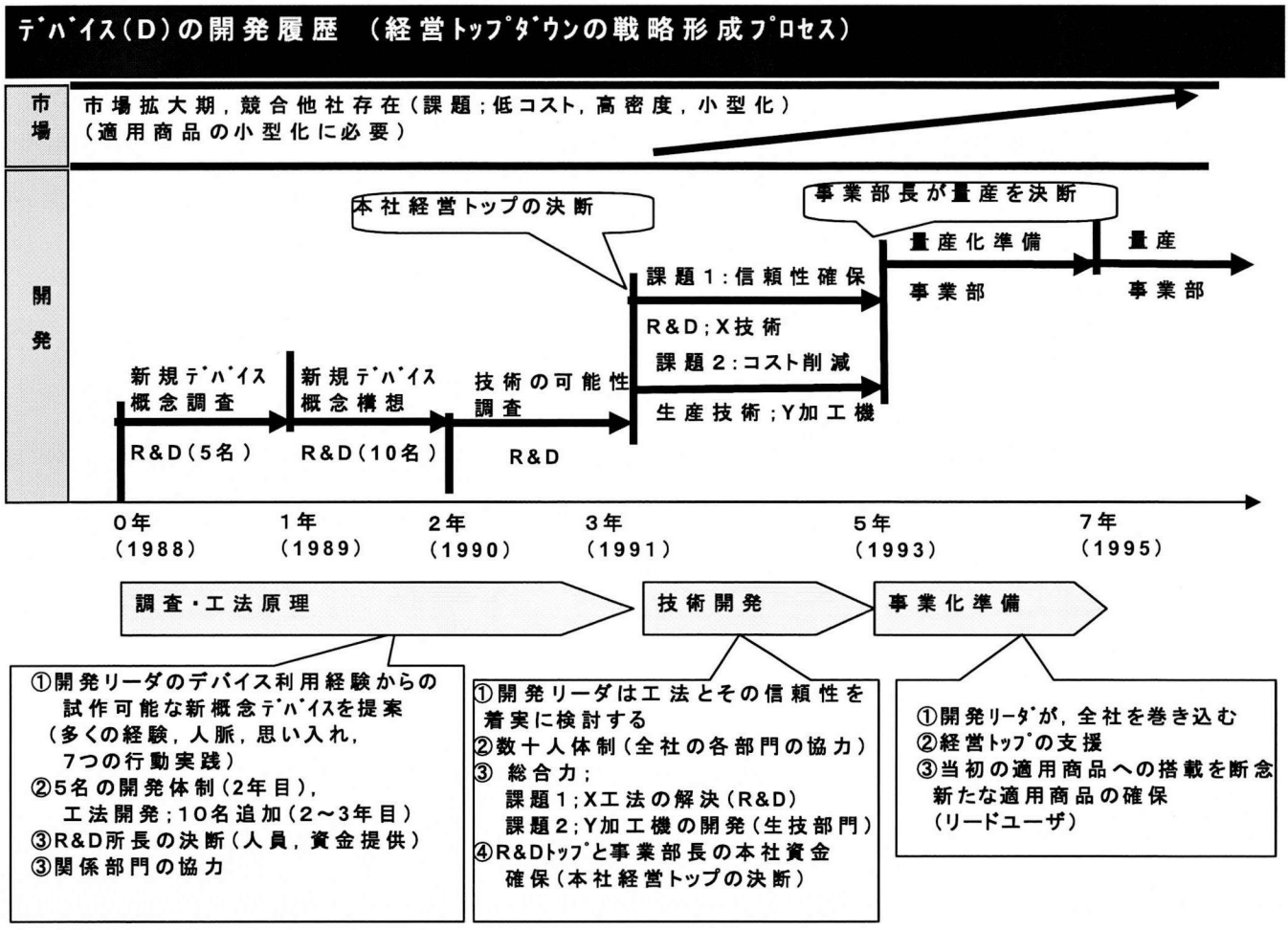


図４—６—１１　デバイス（D）の開発履歴

技術開発段階では，デバイス実現にむけた課題を，関連部門が協力し専門家が参画した．この結果，重要課題が解消された．この間２年を要した．

事業化準備段階では，検証期間や，事業成立にむけた歩留まり向上について，関連部門が協力し，数十人が投入され，２年の期間を要した．

（2）開発リーダー

デバイス（D）の場合は，図４—４—２の家庭環境（P1）で，素直さ，知恵工夫，好奇心，想像力，負けず嫌い，感性，行動力，実行力，執念，挑戦を，を身につけているものの，学校環境（P２）では，身につけていないということで，これは，少なくとも，入社前に，身につけていたと見るべきである．

次に，入社後，数年間，研究所や，事業部で，種々の経験をしており，社内の関連部門との人脈も形成されている．この間が，P３に相当する．

最も影響を受けた上司とは，新規事業参画前（Ｐ３）の時期に，めぐり合い，その上司は，放任主義の上司であった．

そして，開発を命じた上司から，その時の素質として，知恵工夫，好奇心，想像力，スピード，負けず嫌い，感性，行動力，実行力，執念，挑戦意欲，突破力など，複数の項目が認められ，開発リーダーに任じられている．

開発を命じた上司は，素直さ，知恵工夫，好奇心，想像力，スピード，負けず嫌い，感性，行動力，実行力，執念，挑戦意欲，継続学習力，統率力，起業家マインド，経営マインド，外部活用力，突破力，営業力，人脈形成力を有する人物で，それを目の当たりにしながら，育っている．

また，最も，成長した期間は，図２―４―１の技術開発段階（Ｐ３Ｂ）で，一層の，知恵工夫，好奇心，想像力，スピード，負けず嫌い，感性，行動力，実行力，執念，挑戦意欲，先見性，を身につけて成長している．

そして，最終段階では，入社時の素直さ，知恵工夫，好奇心，想像力，負けず嫌い，感性，行動力，実行力，執念，挑戦に加えて，入社後，人脈形成力，先読み，突破力，顧客満足の計１４の項目を身につけている．図４―６―１２に多層基板の開発リーダーの資質と能力を身につけた時期を示す．尚，太枠棒は，重要度評価で５段階の最高度５を，棒は，４をしめす．

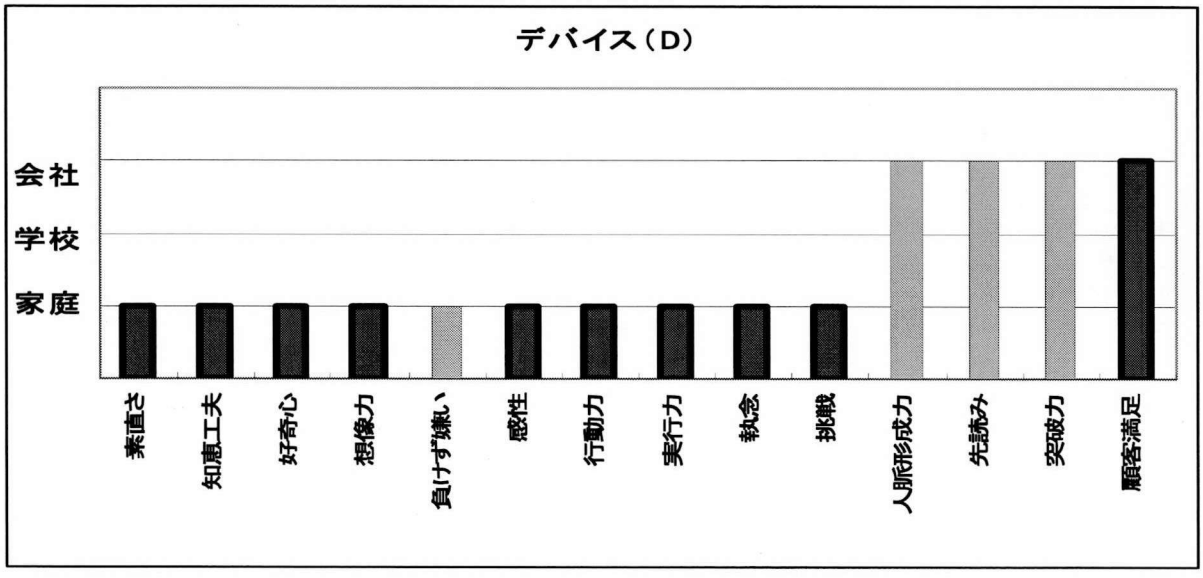


図４―６―１２　デバイス（D）開発リーダーの資質を身につけた時期

(3)技術戦略と市場適合

技術シーズの創出，すなわち，技術の種は，組織能力として，生産技術として，蓄えられていたものである．

差別化技術は，市場のニーズにこたえられる，デバイス仕様，コンセプトをまず構想し，それを実現するための材料や，設備を全社のＲ＆Ｄ部門や，生産技術部門が，組織を挙げて協力し，力を合わせて，取り組んだ結果，種々の課題を乗り越えて実現できた．

廃棄の谷の克服について，デバイス（Ｃ）と同様，各開発段階で市場から要求される，Ｑ，Ｃ，Ｄのマイルストーンを実現する工法が開発され，その目標を達成して，それを乗り越えている．最終局面でも，当該開発は，経営トップの指示によるため，組織能力が発揮され，目標を達成したことで，廃棄の谷には，陥っていない．①開発リーダーの執念と②組織能力により目標が達成できたこと，③開発トップ，事業トップが，市場ニーズが明確であったため，業績達成の強いリーダーシップで，執念をもって開発をリードし，中断させなかったことである．すなわち，開発ミドル，トップの持続的支援があった．

市場予測と市場拡大では，事業トップが当該営業部門より市場情報を入手し，それを元に，顧客が待ち望んでいたデバイスを実現できたことや，社内で，当該デバイスの活用を要望する事業部の強い要請に答えることで，社内市場が存在していたことも，重要な成功要因である．

市場と差別化技術のマッチングでは，市場が要求する．Q,C,D を満足する仕様目標を，トップダウン戦略により，組織能力を総動員して実現している．

また，量産技術では，上記，Ｒ＆Ｄ部門の材料開発と，当時存在しなかった，また，ありえない仕様の設備を，生産技術部門が開発したことが重要なキーポイントである．これは，数十年にわたって，生産技術を蓄積してきたためである．廃棄の谷に陥った生産技術が，後の新規事業の創出に必要なベースの生産技術として活用されている.たとえば,レーザープリンター用に開発されたレーザー集光,ポリゴンミラースキャン技術がプリンターが生産中止になり放置されたが,デバイス（D）の生産では,基板に穴を加工する際に，ガルバノミラースキャンによる，穴加工レーザー技術として活用されている．

4.6.5 高熱伝導シート

(1) 概要

高熱伝導シート（デバイス（E））の概要を，図４－６－１３に示す．

以下,高熱伝導シート（デバイスE）を,デバイス（E）と表す．

これは，デジタル機器類のＣＰＵ，プロセッサー等から発生する熱の放熱，拡散に使用する部品である．

特徴は，面方向に熱を拡散（銅の約２～４倍の熱伝導率）するとともに，層方向に熱を抑制することができ，優れた柔軟性で，熱源形状に沿ってフレキシブルに対応可能という点である．

デバイス（E）は，自社の事業領域にはなく，市場になく，保有技術がないもので，調査・原理検証段階から長い年月をかけて，現場からのボトムアップ戦略形成プロセスとして，量産に成功したものである．図４－６－１４に，開発履歴を示す．

調査・工法原理段階では，国家プロジェクトに参画して，２人で研究を続け，６年かけて新規技術が発見されている．

技術開発段階では，４名体制で行われた．開発費用は少なく，上司や，経営トップは，この技術開発を黙認するなど，技術開発を続ける風土の中で行われた．工法開発時に,当初の製作条件では,一定温度で一定時間の加熱処理をすることになっていたが,ミスにより,その時間を超過してましい,当初想定していたものと異なる,新たなデバイス（E）ができてしまった.これが,柔らかくしわになるデバイス（E）である.この技術開発では，産学連携がしっかりできており，技術開発とその応用には,大学との連携が重要な役割を果たした.具体的には,このデバイス(E)を,炭素技術分野の教授に相談しに行った所,銅よりも優れた熱伝導特性のデバイス（E）であることが分かり,各種の指導を受けた.この技術開発には，７年を要した．また，この技術の活用のために，開発リーダー自ら市場調査を行った．

事業化準備段階では，経営トップが新規事業として経営判断をするとともに，開発リーダーは，継続して挑戦，執念を持って進めている．開発は，引き続き４名体制で行われた．そして，事業を遂行するための組織能力が発揮できる体体制が取られた．また，この技術は，市場のニーズに適合して，一気に拡大を図られ

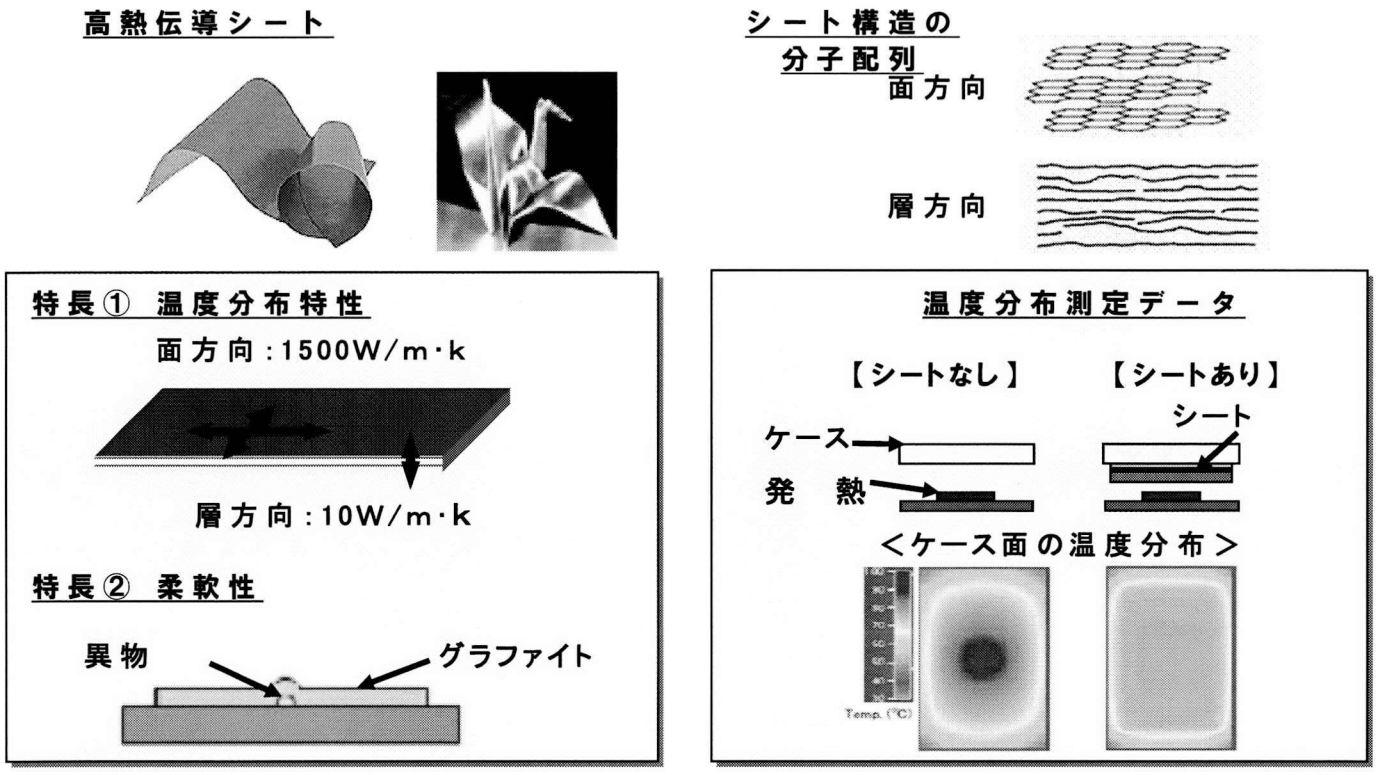


図４—６—１３　高熱伝導性シート（デバイス（E））の概要

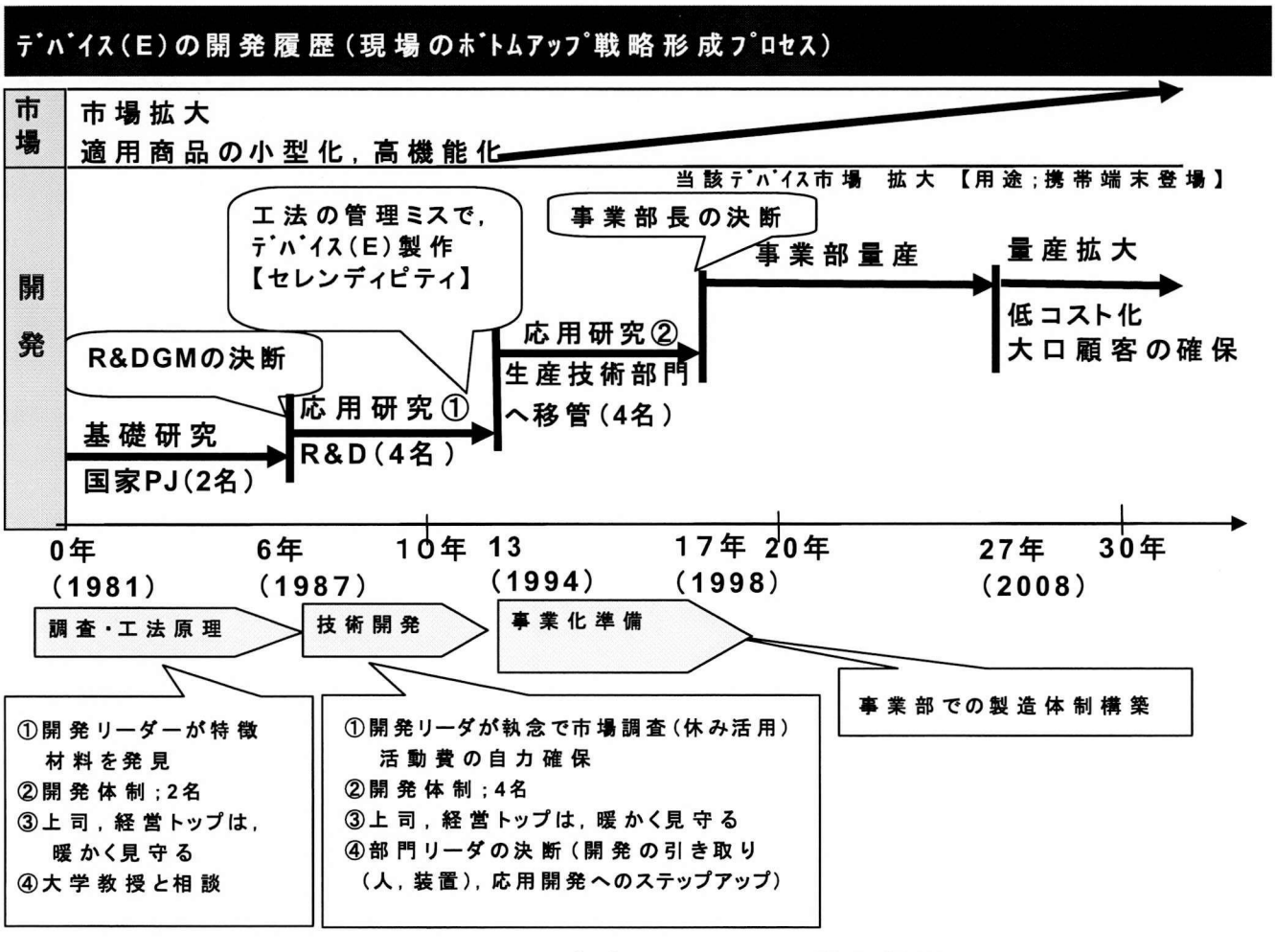


図４—６－１４　デバイス（E）の開発履歴

た．この期間に，４年を要した．

（２）開発リーダー

デバイス（E）の場合は，図４―４―２の家庭環境（P1）で，素直さ，好奇心，想像力，感性，執念，挑戦を，学校環境（P２）で，継続学習，先読みを取得している．

次に，入社後，数年間，工法開発者として，R&D 部門で，生産技術部と工場の間をつなぐ役割や社会人，開発技術者としての基礎的な動きなどを覚える期間（P3）となり，国プロの終了とその技術展開のために，研究所に派遣されることになる．

そして，上司から，その時の素質として，素直さの，尖った個性が認められ，開発リーダーに任じられている．

その開発リーダーを命じた上司は，実行力，統率力，先見性，経営マインド，営業力，人脈形成力を有する人物で，それを目の当たりにしながら，育っている．

最も，影響を受けた上司にめぐり合った時期は，図４―４―２の調査原理段階（P３A）で，その時の上司は，適度の厳しさであった．

また，最も成長した期間も，調査原理検証段階（P３A）で，自ら，実行力，起業家マインド，外部活用力，営業力を身につけて成長している．

そして，最終段階では，入社前段階の，素直さ，好奇心，想像力，感性，執念，挑戦，継続学習，先読みに加えて，入社後，行動力，実行力，起業家マインド，政治力，外部活用力，顧客満足の１４の項目を身につけている．図４―６－１５に，デバイス（E）の開発リーダーが，資質の個性を身につけた時期を示す．
尚，太枠棒は，重要度評価で，5段階の最高度５を，棒は，４をしめす．

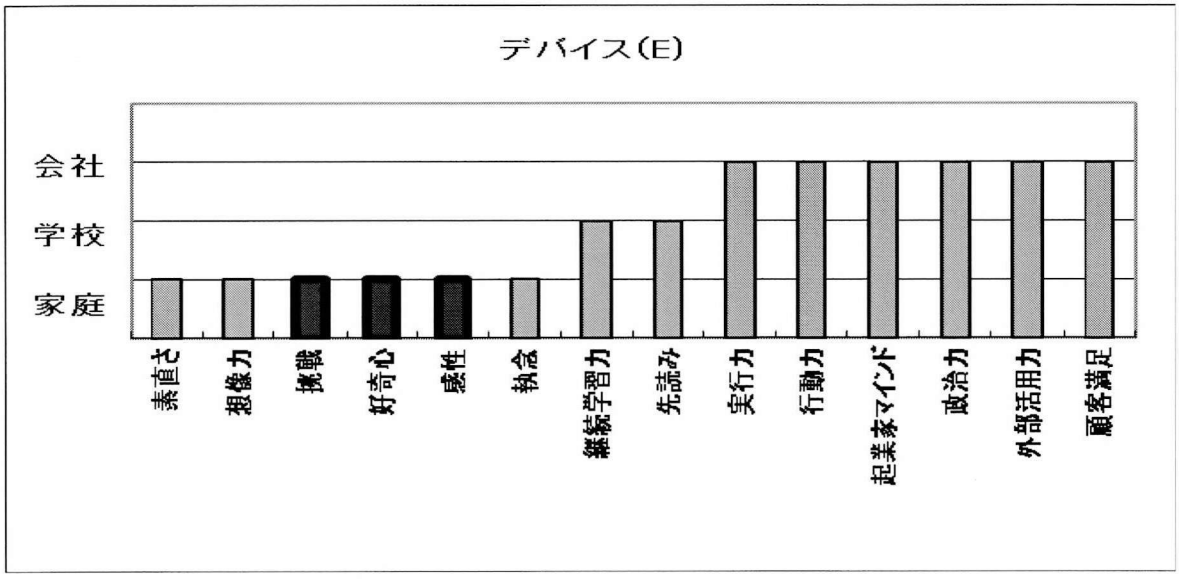


図４—６—１５　デバイス(E)の開発リーダーの資質を身につけた時期

(3) 技術戦略と市場適合

まず，技術シーズの創造について，技術の種としては，大学教授主導の国家プロに参画することで，基礎的な知見が得られており，これが種になっている．

次に，差別化技術の創出については，基礎的な知見をもとに，種々の工法条件で実験をしている最中に，当初予定していた条件を間違ったために，デバイス（E）が発見され，これを，開発上司に提示した所，当該技術の大学の権威のある教授を紹介され，その教授から，デバイス（E）の複数用途への適用の可能性を示唆された．セレンディピティによって，デバイス（E）の有効性や特性が知られるようになった．したがって，差別化技術は，セレンディピティによる．

廃棄の谷の克服について，当初，東京のＲ＆Ｄ部門で開発された技術が，当該部門の閉鎖に伴い，大阪の生産技術部門に移管され，その時，中止にはならなかった．また，生産技術部門は，事業をする使命がなかったため，中止の可能性があった．その間も，極めて小さい規模で継続して事業を続け，後に，その技術が，北海道の事業部に移管されたものの，大きな事業には，当初ならず，この時も中止の可能性があった．このように，最低３回の中止の危機に直面している．廃棄の谷を乗り越えた要因として，①開発リーダーが，この技術は何かの役に立つとの執念で，取り組んでいたこと，②当該技術を使ったデバイスが，社内で少量使われたていたこと，③外部へ外販することで，開発人員の人件費がまかなえ，本

社費用が最小限であったこと，④開発ミドル，開発トップは，当該技術に理解があり，市場ニーズが明確になるまでは，その不確実性のため，業績達成よりも，人間関係維持が強いリーダーシップで，中止をさせなかったことが挙げられる．すなわち，開発ミドル，トップの持続的支援があった．

次に，市場予測能力，市場開拓であるが，開発リーダー自ら，大学の先生や，他の研究機関など，休暇を利用しての足で稼ぐ営業をする中で，適用商品を探索し，開拓して行っている．開発リーダーの執念と営業という未経験の潜在能力を発揮して，市場の動向を把握している．

また，市場と差別化技術の適合性では，当該デバイスが，携帯電話の小型化，高機能化に伴って生じる技術的課題を解決する，他社にない性能を有しており，うまく，市場のニーズにこたえることができた．

事業トップは，技術と市場ニーズが明確になった時点で，業績達成のリーダーシップを発揮して，事業化着手の指示を出している．

どのようにして，量産時に必要な設備開発能力を備えておくべきかであるが，開発リーダーが，生産技術部門にも席を置いていたことで，設備開発の知見を有していたことや,外部のメーカーに特注で図面を渡して,開発依頼していたこと，すなわち，生産技術力が伝承されていたためである．尚，当該生産技術部門は，各種の設備要素技術を有し，数十年にわたって，生産技術を蓄積してきている，過去に廃棄の谷に陥った生産技術でも，当該デバイスの創出に必要な生産技術として活用されている．具体的には，材料の焼結時に使用された高温高圧炉の設備技術が，本デバイスの量産時に生かされている．

4.6.6 血糖値センサー

(1) 概要

血糖値センサー（デバイス（F））の概要を，図４―６―１６に示す．以下，血糖値センサーをデバイス（F）と表す．

これは，糖尿病患者が血糖値を自己管理するために使用する製品である．

特徴としては，少量（0.6μℓ）の血液をセンサの先につけるだけで，血糖値を5秒で自動測定可能な点である．

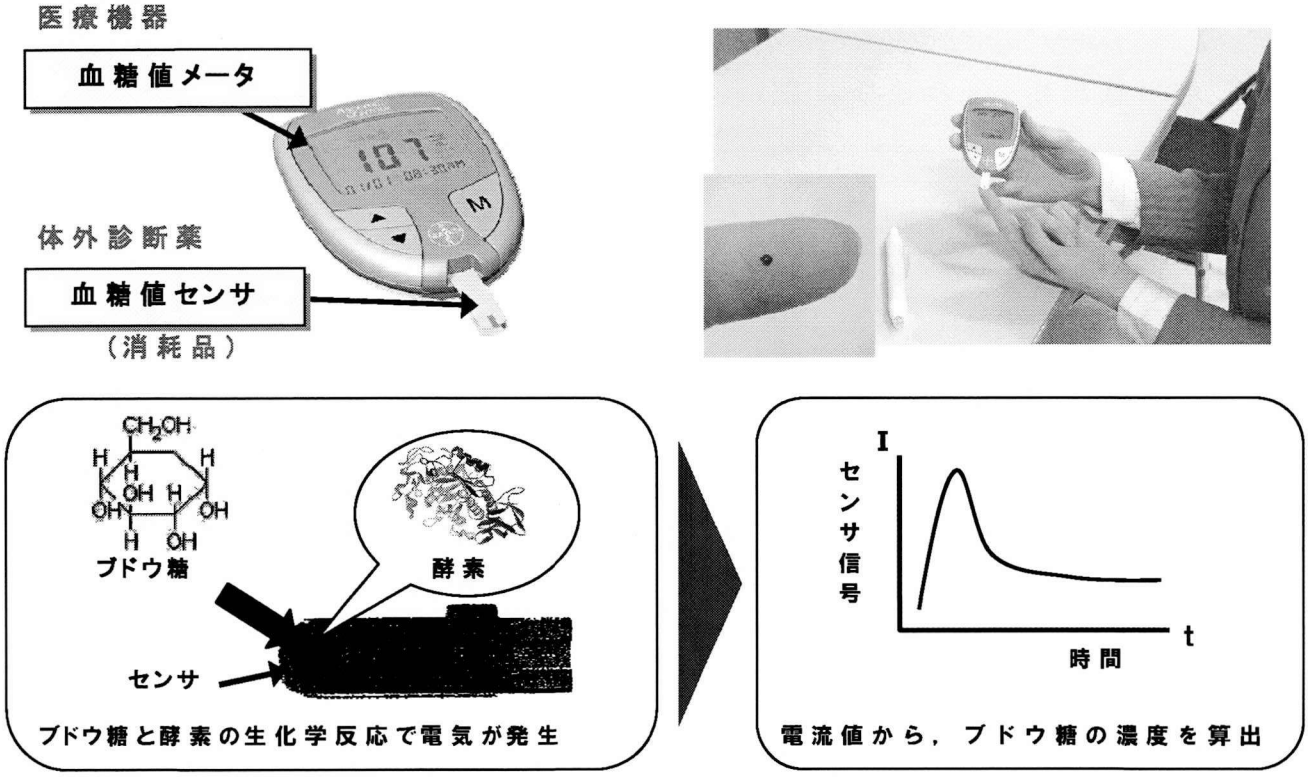


図4—6—16 血糖値センサー(デバイス(F))の概要

デバイス（F）は，自社の事業領域にはなく，保有技術もなく，市場になく，調査・原理検証段階から，比較的短い期間で，現場のボトムアップ戦略形成プロセスにもとづいて，量産に成功したものである．図４—６—１７に開発履歴を示す．

調査・工法原理段階では，２名で，国家プロジェクトに参加して研究が進められ，技術の基礎が開発され，その間３年を要した．

技術開発段階では，上記で開発された技術が，市場に適用するために，３名体制で適用技術開発が続けられ，６年を要した．この間，開発費用が少なく，かつ，上司，経営トップは，この技術開発を黙認して，技術開発を継続することができた．応用研究の途中で,他社より当該技術の買取りの要請があったが,当該技術は,他にも応用できるとの経営トップの判断により,断っている．開発リーダーは，技術のアプリケーション探索に奔走し，自己の技術が，必ず，役に立つとの考えのもとに，執念と挑戦，そして，顧客満足を考え行動してきた．また，技術開発には，産学連携により大学教授から適切なアドバイスが得られていた．

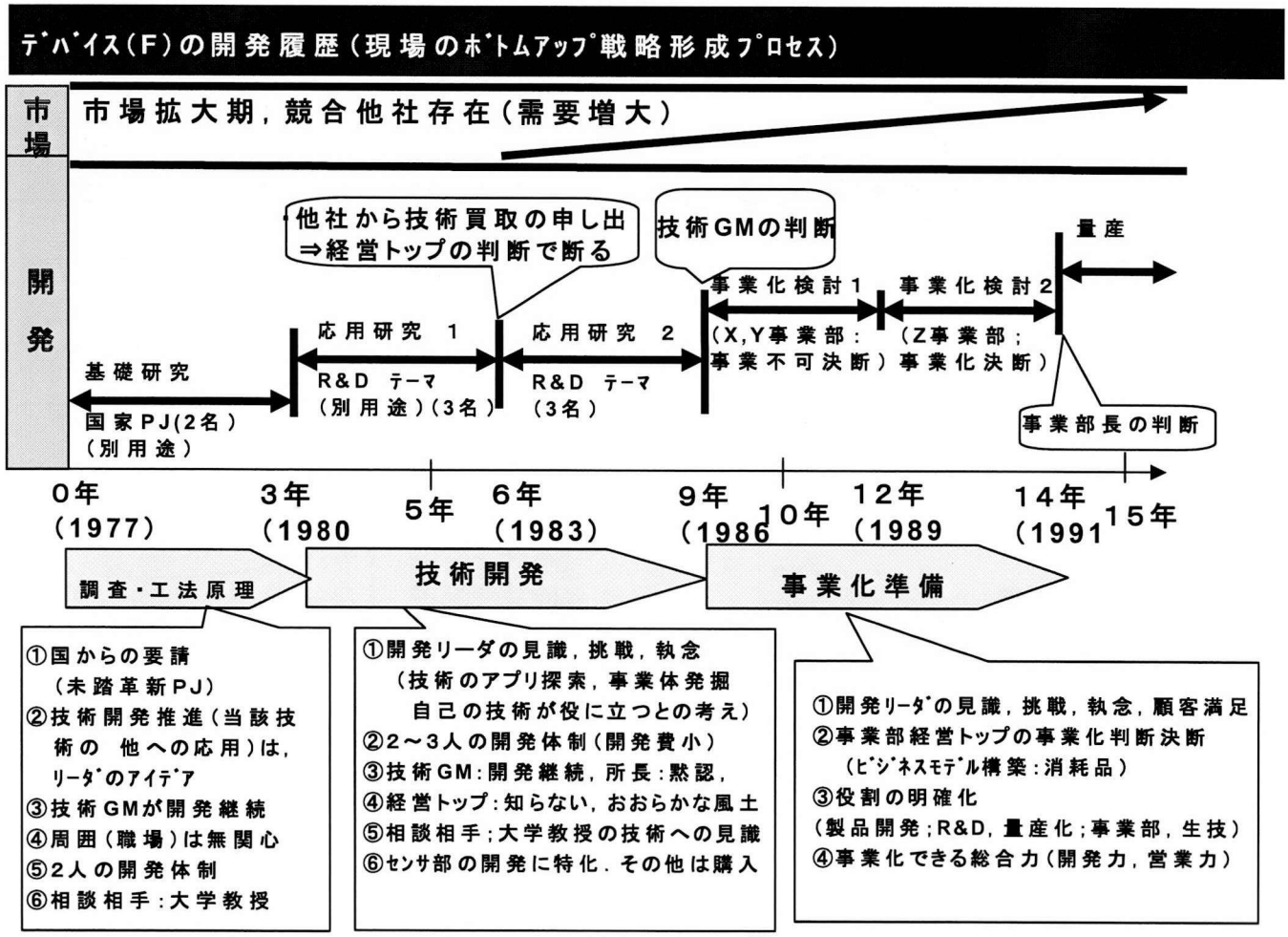


図４—６—１７　デバイス（F）の開発履歴

事業化準備段階では，経営トップが，事業化を決断し，各関連部門が役割を明確化にし，目標にむけて，全体機能組織が協力して事業化を進めた．この間，５年を要した．また，市場の拡大の時期とコスト，品質，納期を満足できる市場に合致したデバイスが開発され，量産に成功している．

（２） 開発リーダー

デバイス（F）の場合は，図４—４—２の家庭環境（P1）で，特に身につけたという印象がないものの，学校環境（P２）では，知恵工夫，好奇心，想像力，執念，挑戦，論理思考を身につけており，これは，少なくとも，入社前に，それらを身につけていると見られる．

次に，入社時，専門技術に従事する条件で，研究所に入社したが，別の国プロの終了とともに，その技術の進化が，上記専門技術開発とともに，開始され，平

行した開発が進められている．

そして，その時の上司から，素質として，執念として，特異な個性が認められ，開発リーダーに任じられている．

開発リーダーを命じた上司は，統率力，先見性，起業家マインド，政治力を有する人物で，それを目の当たりにしながら，育っている．

また，最も，影響を受けた上司にめぐり合った期は，図４―４－２の技術開発段階（Ｐ３Ｂ）で，その時の上司は，ほどほどの厳しさであった．

また，最も成長した期間も，技術開発段階（Ｐ３Ｂ）で，その中で，自ら，スピード，行動力，実行力，起業家マインド，外部活用力，顧客満足を身につけて成長している．

そして，最終段階では，入社前段階の，知恵工夫，好奇心，想像力，執念，挑戦，論理思考に加えて，入社後，スピード，行動力，実行力，先読み，起業家マインド，外部活用力，顧客満足の計13の項目を身につけている．図４―６―18に，開発リーダーが身に着けた資質個性を身に着けた時期を示す．尚，太枠棒は，重要度評価で，５段階の最高度５を，棒は，４をしめす．

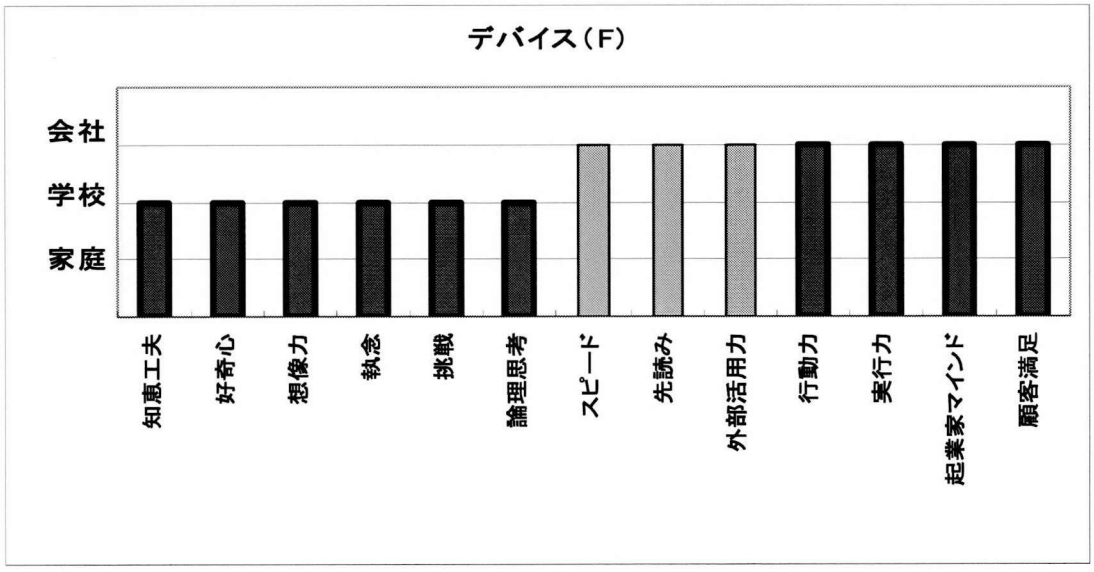


図４―６－１８　デバイス（F）の開発リーダーの資質を身につけた時期

（３）技術戦略と市場適合

技術シーズの創造，技術の種としては，大学教授主導の国家プロに参画することで，基礎的な技術や知見が得られている．

そして，差別化技術は，そのような基礎的な知見をもとに，国家プロ終了後も，当該大学の教授が，その分野の権威でもあったので，指導を仰ぎながら，ある適用商品に向け，他社デバイスとは全く異なる原理を有し，他社より安価で，精度がよい画期的な製造方法を発明して，差別化技術を開発することができた．

廃棄の谷の克服について，その廃棄の谷の危機は，以下のとおり存在した．まず，国プロ終了後，１つの適用商品を目指すが，事業部が引き受けてくれなかったこと，さらに，別の適用商品を目指したが，二つの事業部とも，事業化を断ったことである．これに対し，別の事業部が引き受けることで，事業化に至っている．この中で，廃棄の谷に至る，すなわち，開発中止に至らなかった理由は，①開発リーダーが，自己の技術が役に立つとの信念でぶれずに研究を執念で推し進めたこと，②開発が少人数で，開発費用が小額であったこと，③開発ミドルや，開発トップの当該技術に理解があるものの，市場ニーズが明確になるまでは，その不確実性のため，業績達成よりも人間関係維持が強いリーダーシップで，中止を指示しなかったことである．すなわち，開発ミドル，トップの持続的支援があった．

市場予測能力，市場開拓については，大学教授から市場情報を入手したことや，先行メーカーが市場を開拓していて，技術的に優れていれば（性能，価格），競争に勝てるとの市場の情報を，ＯＥＭ先から得ていたことである．さらに，社会環境からその市場は継続的に拡大するとの予想がされていた．

市場と差別化技術のマッチングでは，求められる性能，価格が他社製品より優れていて，利用者にとっての利便性が非常に高くなっていたので，市場に受け入れられた．

事業トップは，技術と市場ニーズが明確になった時点で，業績達成のリーダーシップを発揮して，事業化着手の指示を出している．開発ミドル，トップからも持続的支援があった．

量産時に必要な設備開発能力は，事業部門の生産技術と本社の生産技術開発部門が，必要となる設備技術を一緒になって，開発リーダーの意向も聞きながら開発を推進した．本社の生産技術部門が，長年，築いていた要素技術の進化や応用力がこの開発に生かされている．そして，数十年にわたって，生産技術を蓄積してきている．廃棄の谷に陥った生産技術が，今回の新規事業の創出に必要なベー

スの生産技術として活用されている．具体的には，あるコンデンサの為に真空薄膜形成技術を開発したが，その特性が他社に負け，使用されなくなった．この薄膜の真空成膜設備技術が，活用されている．

4.7 イニシャルセットアップと生産技術力

4.7.1 イニシャルセットアップ

（１） イニシャルセットアップの定義

イニシャルセットアップとは，種々の条件がそろっていて始めて，物事が成功するという考え方であり，新規事業として，量産に至るまでには，多くの条件，特に，組織と戦略が整っていることが不可欠になる．

（２）開発リーダー

開発リーダーの投入のあり方について，ボトムアップ，トップダウン戦略形成プロセスの開発リーダーの資質の違いについて考察する．図４―４―３の，Ａタイプの資質や，Ｂタイプの資質を見るために，上記，６事例から，検討する．

ボトムアップである設備（B)，デバイス（E)，(F）での共通項目は，入社前に，好奇心，想像力，執念，挑戦という資質を有している．また，上司は，１つの特徴ある資質や能力から潜在能力を見極めて，開発リーダーとして登用している．これは，技術資産がなく，イノベーションを起こす技術開発を伴うため，技術に対する思いの強い，非凡な人材に当該開発を任せている．また，学会，大学との連携や，自ら技術の売り込みのため，外部活用力や，種々の取り組みにむけた先読み，起業家マインドが必要となる．そして，開発には，多くの時間がかかることから，新規事業を実践する中で，上記の資質を身に着け成長している．人材をタイプで分けて考えて，このような人材をＡタイプと称する．

一方，トップダウンの設備（A）や，デバイス（C），(D）での共通項目は，入社前に，素直さ，好奇心，想像力，負けず嫌い，行動力，実行力，執念，挑戦、という多くの資質や能力を保有している．また、入社後、人脈形成力や、顧客満足といった資質を身に付けている。上司は，複数の資質や能力を見極めて，開発リーダーとして，登用している．これは，開発トップ層は，リスク回避の観点か

ら，業務推進能力やマネジメント能力に関して，実績のある人材，成功確率の高い安心感のある人材に担当させている．また，組織内の各部署との連携が必要なため，組織内部の人的ネットワークのある人材が必要となる．そして，その人脈形成のためには，複数の職場経験や，多様な経験が必要となる．人材をタイプで分けて考えて，このような人材をBタイプと称する．

これらの開発事例から，開発リーダーの投入は，入社前までに，好奇心，想像力，執念，挑戦意欲といった基本的な個性を有する人物が適任であると言う事ができる．そして，入社後、先読み、起業家マインド、外部活用力などを身に付けた潜在能力を保有し，非凡な特徴のある人物を，ボトムアップ戦略形成プロセスの新規事業の開発リーダーとして人選すること，入社前に，上記に加えて，素直さ，負けず嫌い，行動力，実行力を身につけていて，入社後，人脈形成力や、顧客満足複数の経験や能力を持った人材をトップダウン戦略形成プロセスの新規事業の開発リーダーとして人選することが望ましいことも明らかとなった．以上の検証の結果，新規事業創出の際の開発リーダーの資質について，以下の条件，すなわち，イニシャルセットアップされることが，必要である．

ｉ）ボトムアップ，トップダウン戦略形成プロセスの共通項

①入社前までに，好奇心，想像力，執念，挑戦といった基本的な個性を有する人物に狙いを定めること，すなわち4条件を身に付けていることが望まれる

②入社後までには，好奇心，想像力，行動力，実行力，執念，挑戦，顧客満足という，7条件を身につけることが望まれる．

ii）ボトムアップ戦略形成プロセスの場合

ｉ）に加え，入社後，先読み，起業マインド，外部活用力を身に付け，特定の非凡な個性のある人物で，潜在能力を見極め，人材を選定する必要があるが，人選時には，新規事業創出に必要な個性や能力を，十分，身につけていない場合があり，新規事業を通じての育成が必要である．

iii）トップダウン戦略形成プロセスの場合

入社前に，ｉ）の①に加えて，素直さ，負けず嫌いを身につけていて，入社後，ｉ）の②に加えて、人脈形成力を身に付け、種々の経験や複数の職場経験を有する人材を選定することが望ましい．

（３） 技術戦略と市場適合

ｉ)ボトムアップ戦略形成プロセスの共通事項

表４―７―１に，設備の場合，表４―７―２に，デバイスのボトムアップ戦略形成プロセスでの共通事項に示す．

①調査・工法原理段階

基礎研究は，設備の場合は，大学での研究で，デバイスの場合は，国家プロジェクトへの参画で行われ，自社に技術の知見や知識がない中での新規技術獲得が重要な役割を担っている．この時期においては，開発リーダーに熱意があり，開発メンバーが少数であり，開発費用が少額である，そして，開発ミドル，開発トップが中止の意思決定をしなかった，あるいは，黙認する風土であった．すなわち，開発ミドル，トップの持続的支援がある．

②技術開発段階

技術開発段階では，設備の場合は，大学で研究した技術と企業への入社時に身に付けた技術の融合により，デバイスの場合は，産学連携により，技術開発発の困難さ故の，学術的検討が重要となっている．また，当該技術の出口であるアプリケーションの探索,特に,市場拡大の時期的タイミングが重要となっている．この時期では，開発リーダーは，執念と挑戦の行動で，困難を切り開いている．とくに，顧客を訪問し，市場調査，開拓を自ら進めている．また，開発ミドル，開発トップが中止をしなかった．すなわち，開発ミドル，トップの持続的支援がある．

表４－７―１(a) 設備のボトムアップ戦略形成での戦略

		調査・原理検証段階	技術開発段階	事業化準備段階
戦略	技術の種撒き	開発リーダーの大学在籍時の研究，入社後の製品開発	自社	自社
	大学の関与	開発リーダーの在籍	—	—
	差別化技術	開発リーダーの発明	自社	—
	市場機会	不明	開発者自身が，技術の適用市場を探索	市場拡大とシーズが時期的に合致
	特定顧客/仕様	社内ニーズ	明確化	明確
	期間	2年	4年	6年

表４－７－１（ｂ）　設備のボトムアップ戦略形成での組織

		調査・原理検証段階	技術開発段階	事業化準備段階
組織	開発者のコミットメントの程度	・ 執念，挑戦，好奇心，想像力などの資質 ・ 市場開拓のために，自ら，学会発表，顧客を開拓 ・ R&D 部門のみの経験．各段階で，起業家としての知識・経験を取得 ・ 個人としての活動のコミットメントが強い		
	開発者のミドル（上司）のリーダーシップ	技術開発の推進，よき理解者．持続的支援 技術・市場の不確実性が高い場合，人間関係維持が強いリーダーシップ		
	開発トップのリーダーシップ	技術開発の中止を命じない，暖かく見守る．あるいは，黙認．持続的支援 技術・市場の不確実性が高い場合，人間関係維持が強いリーダーシップ		
	組織文化	企業全体では，カリスマ創業者の存在により，凝集性が高い集団であり，斉一性への圧力が高い．一方，開発リーダーが在籍する組織では，人間関係が良好で暖かさや支援はあるものの，新規技術，事業の創出が使命であるため，自律的行動が求められ，内部競争が存在する． 周囲は，冷ややか．R&D 部門として，テーマ起案制度がある		
	事業トップのリーダーシップ	—	—	事業決断，参画 業績達成の強いリーダーシップ
	組織体制	1名体制	2～3名の体制	市場が求めるQ,C,Dの実現する組織

表４－７－２（ａ）デバイスのボトムアップ戦略形成での戦略の共通事項

			調査・原理検証段階	技術開発段階		事業化準備段階
戦略	技術の種撒き		国家プロに参画	自社		自社
	大学の関与		産学連携， 大学教授がよき相談相手	—		—
	差別化技術		開発者の発明による あるいは，セレンディピティによる	自社		—
	市場機会		不明	開発者自身が，技術の適用市場を探索		市場拡大とシーズが時期的に合致
	特定顧客/仕様		不明	不明	明確化	明確
	期間	A	6年，	7年		4年
		B	3年	6年		6年

表４—７—２（ｂ）デバイスのボトムアップ戦略形成での組織の共通事項

		調査・原理検証段階	技術開発段階	事業化準備段階
組織	開発者のコミットメントの程度	・ 執念，挑戦，好奇心，想像力などの資質 ・ 市場開拓のために，自ら，顧客を訪問，開拓 ・ R&D 部門のみの経験．各段階で，起業家としての知識・経験を取得 ・ 個人としての活動のコミットメントが強い		
	開発者のミドル(上司)のリーダーシップ	技術開発の推進，よき理解者．持続的支援 技術・市場の不確実性が高い場合，人間関係維持が強いリーダーシップ		
	開発トップのリーダーシップ	技術開発の中止を命じない，暖かく見守る．あるいは，黙認．持続的支援 技術・市場の不確実性が高い場合，人間関係維持が強いリーダーシップ		
	組織文化	企業全体では，カリスマ創業者の存在により，凝集性が高い集団であり，斉一性への圧力が高い．一方，開発リーダーが在籍する組織では，人間関係が良好で暖かさや支援はあるものの，新規技術，事業の創出が使命であるため，自律的行動が求められ，内部競争が存在する． 周囲は，冷ややか．R&D 部門として，テーマ起案制度がある		
	事業トップのリーダーシップ	—	—	事業決断，参画 業績達成の強いリーダーシップ
	組織体制	2～3名体制	4～5名の体制	市場が求めるQ,C,Dの実現する組織

③ 事業化準備段階

事業化段階では，自社の各組織が，その役割分担にしたがって，その能力を発揮して，専門家が，協力している．特に，市場拡大の時期的タイミングと市場が求めるコスト，品質，納期に合致したデバイスを実現できていることが重要である．また，差別化技術を伴う競争優位と大量生産能力が必要となっている．開発リーダーは，引き続き，自己の技術が役に立つとの強い信念のもとに，執念と挑戦を行っている．事業トップは，この技術を事業化する決断を行い，資金と支援を行っている．

ii)トップダウン戦略形成プロセスの共通項

表４—７—３に設備，表４—７—４に，トップダウン戦略形成プロセスでの共通事項を示す．

① 調査・工法原理段階

基本的な技術が，自社にあるものの，それらが各組織に分散している．それらを，関連付けることが必要となっている．したがって，開発リーダーは，人的ネットワークを有する人材や，多くの経験をした人などが，担当となっている．開発ミドル，開発トップ，事業トップの理解と支援が得られている．すなわち，開発ミドル，トップの持続的支援がある．

② 技術開発段階

技術開発段階では，目標とする仕様を達成するために，経営トップの指示により，各組織に点在する技術力や技術開発能力を発揮させ，スムーズに運営されている．この協力体制と組織能力の高さ，そして，関連部門がベクトルを合わせられる能力が重要である．開発リーダーもまた，本質を見抜く能力と，チームワークを大事にして取り組んでいる．開発に関わる資金や，人材は，事業トップ指示により，潤沢に提供されている．すなわち，開発ミドル，トップの持続的支援がある．

③ 事業化準備段階

事業化段階では，事業主体者からの参画で，市場のニーズである，仕様，品質，コスト，納期に合うような技術開発と量産性が達成されている．

そして，組織としての総合力が必要である.また，最終顧客の早期参画や，共同開発が行われた．

表４—７—３(a)　設備のトップダウン戦略形成での戦略の共通事項

		調査・原理検証段階	技術開発段階	事業化準備段階
戦略	技術の種撒き	自社		
	大学の関与	なし		
	差別化技術	開発者の発明による	自社. 各組織に存在する技術の結集	—
	市場機会	市場拡大の兆し		市場拡大とシーズが時期的に合致
	特定顧客/仕様	明確化	明確	明確
	期間	1年	1年	1年

表４—７—３（ｂ）　設備のトップダウン戦略形成での組織の共通事項

		調査・原理検証段階	技術開発段階	事業化準備段階
組織	開発者のコミットメントの程度	素直さ，好奇心，想像力，負けず嫌い，行動力，実行力，執念，挑戦意欲などの資質 ・　人的ネットワークを有し，多くの技術開発や事業を経験した，マネジメント力 ・　組織の一員としての活動のコミットメントが強い		
	開発者のミドル（上司）のリーダーシップ	技術開発の積極的支援・推進．持続的支援 業績達成の強いリーダーシップ		
	開発トップのリーダーシップ	技術開発の積極的推進．持続的支援 業績達成の強いリーダーシップ		
	組織文化	企業全体では，カリスマ創業者の存在により，凝集性が高い集団であり，斉一性への圧力が高い．一方，開発リーダーが在籍する組織では，人間関係が良好で暖かさや支援はあり，開発トップの指示では，凝集性の高さが，発揮される． 積極的支援が行われる． R&D 部門で，トップダウンでのテーマ設定は部門の協力がある		
	事業トップのリーダーシップ	—	積極的推進，事業決断 業績達成の強いリーダーシップ	
	組織体制	3 名	4 名	市場が求める Q,C,D の実現する組織

表４—７—４　デバイスのトップダウン戦略形成での戦略と組織の共通事項

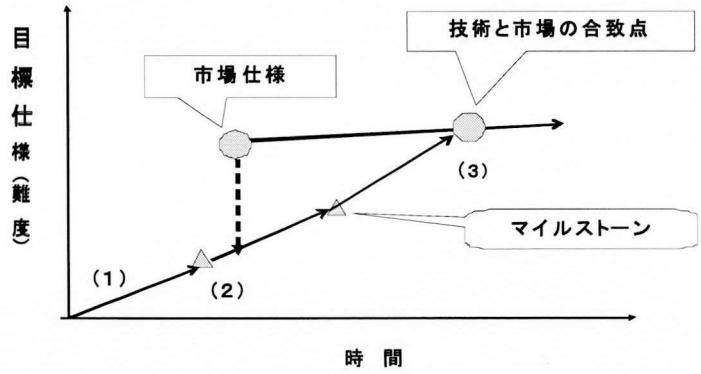
			調査・原理検証段階	技術開発段階	事業化準備段階
戦略	技術の種撒き		自社		
	大学の関与		なし		
	差別化技術		開発者の発明による	自社． 各組織に存在する技術の結集	—
	市場機会		市場拡大の兆し		市場拡大とシーズが時期的に合致
	特定顧客/仕様		明確化	明確	明確
	期間	デバイス C	4年	2年	1年
		デバイス D	3年	2年	2年
組織	開発者のコミットメントの程度		素直さ，好奇心，想像力，負けず嫌い，行動力，実行力，執念，挑戦意欲などの資質 人的ﾈｯﾄﾜｰｸを有し，多くの技術開発や事業を経験したﾏﾈｼﾞﾒﾝﾄ力 組織の一員としての活動のコミットメントが強い		
	開発者のミドル（上司）のリーダーシップ		技術開発の積極的支援・推進．持続的支援 業績達成の強いリーダーシップ		
	開発トップのリーダーシップ		技術開発の積極的推進．持続的支援 業績達成の強いリーダーシップ		
	組織文化		企業全体では，カリスマ創業者の存在により，凝集性が高い集団であり，斉一性への圧力が高い．一方，開発リーダーが在籍する組織では，人間関係が良好で暖かさや支援はあり，開発トップの指示では，凝集性の高さが，発揮される．積極的支援が行われる． R&D 部門で，トップダウンでのテーマ設定は部門の協力がある		
	事業トップのリーダーシップ		—	積極的推進，事業決断 業績達成の強いリーダーシップ	
	組織体制		数人体制	十数人の体制	市場が求める Q,C,D の実現する組織

iii）ボトムアップとトップダウン戦略形成プロセスの相違点

まず，ボトムアップ戦略形成プロセスで，図４―７―５に，横軸に時間軸，縦軸に目標仕様の難度レベルを示す.ここでは,市場のニーズの顕在化のタイミングと開発技術レベルとの関係が示されている.図中の（１）は図４―４－４の調査原理検証段階，（２）は技術開発段階，（３）は事業化前段階を示す．特に，技術着手時の技術レベルは,新規であることから,目標は不確実であり,市場のニーズは,技術開発途上で顕在化してくることになる.

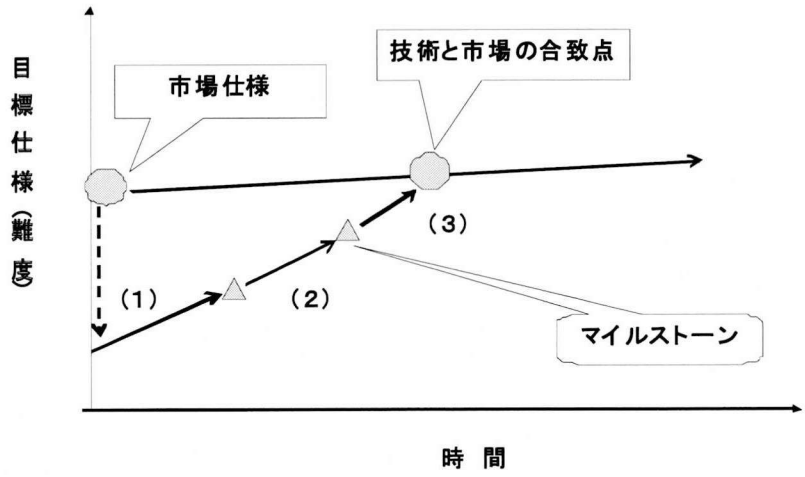
これまでの事例から,この図において，開発段階を追うごとに各段階でのマイルストーン目標を達成することや，最終的な開発技術が，市場要求仕様を満足させることで，事業化に至っている．すなわち，①技術シーズの創出，②差別化技術の創出，③技術開発から量産まで，各段階で必要なマイルストーンの目標仕様を達成，④市場予測能力を身につけた，市場開拓，⑤市場と差別化技術の仕様を適合させ,⑥量産に必要な設備開発能力を準備できた場合に事業化に至っている.

これに対して，トップダウン戦略形成プロセスの場を,図４―７－６に示す.図４―７－５と同様に，トップダウンの市場要求仕様と技術達成レベルを示す．これまでの事例から分かるように,技術が既存技術に加えて，新規技術開発になり，難易度が市場要求目標に近い所からの開始になる．また，市場要求仕様が当初からある程度確実になっていて，それを，目標として，技術を開発している．この場合も，各段階での，①～⑥を達成して，事業化に至っている.



(1):調査・工法原理段階、(2):技術開発段階、(3):事業化前段階

図４―７―５　ボトムアップの市場要求仕様と技術達成レベル



(1):調査・工法原理段階、(2):技術開発段階、(3):事業化前段階

図４―７－６　トップダウンの市場要求仕様と技術達成レベル

Ⅳ）技術戦略のイニシャルセットアップ

以上の検証の結果，技術戦略については，以下の条件，すなわち，イニシャルセットアップされることが必要なことが明らかとなった．

１）ボトムアップ戦略形成，トップダウン戦略形成の共通事項として，①開発リーダーのコミットメント，②開発者のミドルや，開発トップの持続的支援，③技術シーズの創造，④差別化技術の創出，⑤技術開発から量産まで，廃棄の谷の克服，⑥市場予測能力保持，市場開拓，⑦市場と差別化技術の適合，⑧量産時に必要な設備開発能力保有　という，８条件をすべて満足することが不可欠である．

２）ボトムアップとトップダウン戦略形成プロセスにおいて，相違する事項は，市場要求仕様の明確化および特定顧客現出の時期が，開発着手時からの経過期間として，ボトムアップ戦略の場合は，数年程度の長期になるが，トップダウン戦略の場合は，開発後の直近であることである．

4.7.2 生産技術力

設備の場合，計測検査の分野では，幾何光学や，波動光学などの光応用技術と画像処理やデータソフト処理の組み合わせ，そして，それらとメカトロニクスの摺りあわせ技術が，生産技術として，形成されている．

一方，デバイスの場合は，材料，加工方法，設備の一体化開発が必要で，これらの摺りあわせ技術という特徴を有している．工法には，付加加工としての，塗る，膜を作る，貼る，焼く，接合する，等があり，除去加工としての，穴を開ける，切る，削る，等がある．一方，それを具現化するためには，上記の工法を実現する技術と，基本機能としての位置を決める機能，自動化機能など，メカトロニクス技術との摺りあわせ技術として，生産技術が形成されている．

このような加工方法及び，生産技術力が，設備やデバイスの実現に向けては，必須の技術となっている．そして，デバイスの場合は，特に，如何に安く，精度よく，高生産性を維持して，デバイスを量産する生産技術力こそが，競争優位を保つ要因である．

4.8 結論

4.8.1 総括

これまで，設備事業2事例，デバイス事業4事例の新規事業創出について，分析してきた．

この分析の結果，技術が開発され，それを新規事業として，量産に到達するまでには，組織と戦略，とりわけ，組織としての「開発リーダーの資質」，すなわち4.7.1の（2）に示すように，4条件の資質や，7条件の資質が望まれることや，戦略として「技術戦略と市場適合」，すなわち4.7.1の（3）に示すように，8条件が必要であるとの，イニシャルセットアップの重要性を論じた．

一方，設備や，デバイスの新規事業には，過去に量産に成功したり，成功しなかった場合にも，蓄積される生産技術力が，重要であることも明らかになった．

以上のことから，付加価値が確保できる設備やデバイスの新規事業には，工学的な技術開発ばかりではなく，①組織と戦略のイニシャルセットアップと，②廃棄され組織にて学習された場合や，あるいは，継続的に進化した場合のいずれにおいても，蓄積された生産技術力を充実，育成することが，不可欠であると考えられる．

（1）理論的インプリケーション

i）イニシャルセットアップ

1）組織として，特に，開発リーダーの投入のあり方（6つの資質と個性）に

ついて従来は，開発リーダーは，過去の研究で５つの個性“Big Five Entrepreneurial”，すなわち，①神経質な「Neuroticism」，②強引で，支配的（突破力）で，精力的で，活発で，おしゃべりで，そして熱狂的である「Extraversion」，③「知的好奇心」（好奇心）があり，新たな経験も求め（挑戦意欲），新規なアイデアを探求し，「創造的」な，革新的で，「想像力」が豊かな，思慮深い，そして 伝統的でない「Openness to Experience」，④内部の対人関係を重視し，信用し易くて，寛容で，思いやり深くて，利他的で，そして真に受けやすいと特徴づけられる「Agreeableness」，⑤目標達成に向けての，組織的な行動（政治力）（統率力），執念（粘り強さ），過酷な業務達成（行動力，実行力）する「Conscientiousness」[14]とされてきた．

本研究では，新規事業の成功に向けて，トップダウン，ボトムアップ戦略形成プロセスとも，開発リーダーとしては，入社前に，4 条件，すなわち，好奇心，想像力，執念，挑戦 を保有する人物で，入社後，７条件，すなわち，好奇心，想像力，行動力，実行力，執念，挑戦，顧客満足の資質や個性を保有する人物を，投入する必要があること，すなわち，開発リーダーに関するイニシャルセットアップの視点が明らかにした．

２）戦略として，技術戦略と市場との適合性について，従来は，トップダウン戦略形成プロセスや，ボトムアップ戦略形成プロセス[23]また，破壊的なイノベーションや持続的イノベーション[24]により，開発リーダーやチャンピオン，経営トップ層の組織的な，あるいは，創発的な活動[6]により商品に関する新規事業が創出され，成功に至ると言われてきた．

本研究の結果から，新たに，設備やデバイスの新規事業創出には，①開発リーダーのコミットメント，②開発者のミドルや，開発トップの持続的支援，③技術シーズの創造，④差別化技術の創出，⑤技術開発から量産まで，廃棄の谷の克服，⑥市場予測能力保持，市場開拓，⑦市場と差別化技術の適合，⑧量産時に必要な設備開発能力保有という，上記の８条件をすべて満足する必要があるという観点，すなわち，技術戦略と市場適合に関するイニシャルセットアップの視点が明らかにした．

ii）生産技術力

これまで，生産技術は，設備を構成する，あるいは，デバイスを量産するための，単なる手段と考えられ，重要視，あるいは，評価されてこなかった．しかしながら，量産に至らなかったデバイス開発時の生産技術が，次の新規事業の成功に関連することや，生産技術が蓄積技術であり，これまで述べてきた6種類の事例研究に示すように，設備やデバイスの新規事業創出には，生産技術力の蓄積が不可欠であり，競争優位を保つ極めて重要なものであることを示した．

（2） 実践的インプリケーション

i）イニシャルセットアップ

本章で得られた結果から，イニシャルセットアップという考え方，すなわち，開発リーダーの投入のあり方では，開発リーダーとして，4，及び，7条件の資質を有する人物を登用するとともに，技術戦略と市場適合において，8条件を満足させるという考え方を，実際の現場に適用することで，設備やデバイスの新規事業創出の成功率が上がると期待できる．

ii）生産技術力

生産技術は，デバイスを生みだす手段ではあったが，それだけでなく，新規事業としては失敗に終わり，途中，廃棄された生産技術でも，次の新規事業となるデバイスの量産に必要な力になるという蓄積技術であることが明らかにするとともに，設備事業についても，生産技術力の蓄積が極めて重要であることが実証した．したがって，必要な生産技術力を選択した上で継続的な技術開発とその進化，強化をさせていくことで，競争優位を確保し，デバイス，設備の新規事業創出の成功率を上げると期待できる．

4.8.2 本研究の限界と今後の展開

我が国のエレクトロニクス分野において，技術が生まれて，事業が生まれない理由を解き明かすために，本研究では,新規事業として，付加価値が確保できる，デバイスと設備について，量産に至った過程を分析することにより，新規事業創出の際には,イニシャルセットアップという概念や生産技術力の重要性を認識し，技術開発途中に中断や中止にならない方法を提案した．

本研究では,新規事業の特性毎に分類して分析をしたことから,技術開発時に,当該技術がどの戦略パターンの新規事業として,進んで行くかの予想が可能となり、今後の技術開発を成功させるための貴重な情報として,活用できる.

また,本研究では、数少ない成功事例を分析してきたが,これは,必要条件であり,必ずしも十分条件になっていない.今後,このような事例分析を,より多く積み重ねることで,信頼性の確保と普遍的な十分条件に昇華させていく必要がある.

今後，新規事業を数多く生み出すためには，このようなイニシャルセットアップという概念や生産技術力の重要性を技術開発時に認識しておくだけではなく，新規事業として，技術開発の時点で,顧客は誰か，顧客に提供する利便は何か，事業化における企画，開発，販売，製造，調達，品質，サービスの提供方法について，モノづくり全体のシナリオを描くことが重要である.

さらに、NABCといわれる、①市場ニーズは何か（Needs）,②そのニーズに答えるためのアプローチ方法(Aproach),③そのアプローチの費用対効果(Benefits per costs）,④他社との競争方法（Competition）を,認識しておく必要がある.

そして,モノづくり全体のシナリオやNABCを考えることができる人材を今後，速やかに育成することが，今後の我が国の産業競争力上，極めて重要である.

第５章　結言

わが国において，技術は生まれて，事業が生まれない状況を改善するために，新規事業に成功した事例を研究して整理することは，産業戦略上，極めて重要である.特に,我が国のエレクトロニクス分野において,付加価値が確保できるデバイス事業や設備事業が，新規事業としてどのように生まれ，量産に成功してきたかを明らかにすることは,グローバルな競争力強化のために不可欠である.

そこで、本研究では，製品開発やデバイスの製造等に適用され，その応用範囲が広い光学技術を進化させるために，二つの学術的な研究を実施した..次に，新規事業として量産に成功した，設備事業２事例，デバイス事業４事例を技術開発から，量産に至った経緯について分析し,量産への成功の必要条件としての手法について提案した..

（１）第３章の１．では，波動光学の観点から,「後方散乱光受光方式による微細パターン付表面付着微粒子検査装置の開発」を行い，ランダムパターン，複雑なパターンの.ウエハー上の付着微粒子を検出する際に，品種毎，工程毎に検査条件の設定が必要で，①検出能力がパターンに依存する，②パターンからの散乱光ノイズが多く S/N が悪い，③高速化が困難という課題を克服する光学技術を開発した．すなわち，

ｉ）パターン付基板上の，微粒子検出原理として，レーザーを入射角 2°,S 偏光入射,方位角 0°,検出角 150° で,P 偏光で付着微粒子を検出する後方散乱偏光受光方式を考案した.

ii）本方式の光学解析モデルとして付着微粒子を Mie 散乱モデル,パターンをフレネル反射モデルと仮定し,理論解析および実験を行い，上記方式が有効であることを示した

iii）本方式に基づいた，パターン付き基板上の付着微粒子検査機として，固定のライン状照明系と CCD ラインセンサを受光素子とする広視野・高ＮＡ受光系と，リアルタイム高速画像処理系からなる検査装置を開発し，有効性を確認した.

である.

（２）第３章の２．では，幾何光学の観点から，「大深度光学式３次元センサーの開発」を行い，三角測量法の欠点である①大深度測定化と高分解能化の両立が困難,②被測定物の位置と撮像素子により検出されるビーム位置との関係は双曲線で表される非線形性を有しているため高精度化が困難という課題を克服し,大きな被測定物を精度良く,距離計測することを目指し以下の結論を得た.

ｉ）円錐レンズを用いることにより,250mm にわたって,ビーム径 15μｍ以下の照明光を実現した.

ii）微分処理を用いた画像処理により,測定深度 100mm にわたって,分解能 7μｍ以下を実現した.

iii）分割領域ごとの双曲線を用いたカーブフィティングにより,測定深度 100mm,測定幅 60mm にわたって,平板計測精度 21μｍ以下,絶対精度 5μｍ以下を実現した.

（３）第４章では,第３章の「大深度光学式３次元センサー」の技術開発に関する研究において得られた技術を，新規事業として,「3次元デジタイザ」として設備化し，これを，トップダウン戦略形成プロセス形成での設備の新規事業の１事例とした．そして，ボトムアップ戦略形成プロセスでの設備の新規事業を入れて，設備事業２例の事例研究を行った．また，デバイスの新規事業として，トップダウン戦略形成プロセス２事例，ボトムアップ戦略形成プロセスの２事例の事例研究を行った.

ｉ）これらの研究では，イニシャルセットアップという考え方,すなわち,すべての条件が整って初めて成功するという、掛け算の論理であり、いずれかが欠けても成功には至らないという考え方である.これらのボトムアップ戦略形成，トップダウン戦略形成とも，新規事業創出では，組織として，開発リーダーに着目し，成功に導くには，①入社前に，４条件，すなわち，好奇心，想像力，執念，挑戦　を保有する人物であり，②入社後，７条件，すなわち，好奇心，想像力，執念，挑戦，行動力，実行力，顧客満足の資質を保有する人物を，投入することが望まれる.

また，戦略として，①開発リーダーのコミットメント，②開発者のミドルや，開発トップの持続的支援，③技術シーズの創造，④差別化技術の創出，

⑤技術開発から量産まで，廃棄の谷の克服，⑥市場予測能力保持，市場開拓，⑦市場と差別化技術の適合，⑧量産時に必要な設備開発能力保有　という，８条件を満足することが必要であることを明らかにした．

ii）次に，生産技術力の重要性も提案した．デバイスは，材料，工法，設備の一体化した，すりあわせ技術であり，廃棄の谷に陥った事業において開発された生産技術力も，次回以降のデバイスの量産に活用されるという，継続的な生産技術力の蓄積がデバイス事業の成功に不可欠となっている．さらに，設備事業においても，工法と一体となった，摺りあわせ技術である生産技術力が重要であり，生産技術力の蓄積が設備事業の成功に不可欠であることを明らかにした．

本研究で得られた結論の，①組織としての開発リーダーの４条件，７条件や，技術戦略と市場適合の８条件を満足させるというイニシャルセットアップという考え方を実際の現場に適用することや，②継続的な生産技術力の蓄積・進化させることで，設備やデバイスの新規事業創出の道筋を事前に考えることができ，より成功率が上がると期待できる．

謝辞

本論文の主査を引き受けていただいた大阪大学大学院工学研究科　ビジネスエンジニアリング専攻の上西啓介教授，副査を引き受けて頂いた，マテリアル生産科学専攻の藤本公三，荒井栄司教授，機械工学専攻の高谷裕浩教授に，大変お忙しい中，時間を頂戴し，本論文をまとめるに際してのご指導，ご助言，本研究の問題点に関するご指摘を頂き，厚く御礼を申し上げます．

光学技術においては，大阪大学の高谷裕浩教授から，付着微粒子の計測技術に関するご指導,ご助言を頂き，感謝いたします．

付着微粒子検出装置の開発では，長崎達夫（現　ﾊﾟﾅｿﾆｯｸ），伊藤正弥氏（現　ﾊﾟﾅｿﾆｯｸ）の協力，また，3次元デジタイザの開発では，濱野誠司（元　ﾊﾟﾅｿﾆｯｸ），伊藤正弥氏（現　ﾊﾟﾅｿﾆｯｸ）の協力に，改めて感謝の意を表します．

また，新規事業創出については，MOT分野で，立命館大学の石田修一教授や，我が国産業界の課題等について，特に，新規事業創出に関する高い見識や貴重なご意見を大阪大学の池田順治教授から頂き，本研究のご指導を頂いたことに感謝申し上げます．

新規事業創出に関しての調査については，松井卓也氏（現　ﾊﾟﾅｿﾆｯｸ）に大変感謝致します．

付録　　アンケート及びインタビュー

１．　アンケート＆インタビュー内容

１．１　新規事業に関わる件

１）歴史；技術，事業に発展に関わるトピックスなどの歴史を記載する

A：１９００年など．技術開発の動き，変化点の年代

B：技術開発，意思決定，費用，場所，体制，市場変化などのトピックス

２）自身の役割：どのタイミングで，自身が行動し，何が，うまくいったのか，その内容

C：自らがどう動いたか，

３）周囲の役割；どのタイミングで，経営トップ，上司，同僚が，どう行動し，何が，うまくいったのか，その内容

D：技術開発体制，人数，

E：上司は，どのように，動いたか，意思決定したか

F：経営トップは，どのように，動いたか，意思決定したか

G：同僚，部下は，どのように，動いたか

４）人，もの，金　情報など，成功にむけて，どの時点で，どう絡んで，どうマネジメントされたのか

H：開発に関して費用は，人は，場所，実験装置，知財はどうなったか

５）意思決定が，いつ，だれが，どのように，されたのか，自身，周囲，上司はどのような支援をしたのか？

６）シーズの発掘，発見，発明は，どのような環境で出てきたのか？　会社，自宅どうすれば，できるのか？

７）当該技術が世の中で，評価された，その時代背景，経済環境はどうであったか？

８）日々，自身が，心がけてきたことはなにか，自身のモットーや，人生観，何を目的に仕事をしてきたか？仕事に対する姿勢は？

９）マーケット開拓；どのようにして，市場を見つけたか？　その心はなにか？市場調査の方法，市場拡大の方法？　市場開拓の方法？

I：世界は，市場は，世の中は，当該技術活用の市場動向は？

１０）業務の進捗確認，マイルストーン，目標，ゴールの設定は，どのようにしてきたか？メンばーとの情報共有は，どのようにしてきたか？

１１）組織体制の変遷は，年代と，研究とどのようになってきたか？

１２）予算と参加人員は，どのように，推移してきたか？

その予算の出所と，マネジメントの関係？　中断されたのか？　費用の縮小？

１３）研究開発における，困難を，どのようにして乗り越えたのか，そのコツはなにか？

１４）本事業での，節目は，いつで，何であったのか？　ターニングポイントは何か？

１５）今回の成功の秘訣はなにか？

１６）自身の行動で，下記は，７つの項目で必要であったか，あれば，丸を，無ければ×を，スピード，顧客満足，先読み，ﾁｬﾚﾝｼﾞ，執念，継続学習・改善，知恵

１．２　開発リーダに関わる件

１）あなたは，新規事業に必要な資質や能力について，下記の項目で重要な項目とその重要度を示してください．

①　知恵工夫，②好奇心，③想像力，④スピード，⑤負けず嫌い，
⑥感性，⑦行動力，⑧実行力，⑨執念（粘り強さ），⑩継続学習力
⑪挑戦，⑫統率力，⑬論理思考，⑭先見性（先読み），⑮起業家マインド
⑯政治力，⑰外部活用力，⑱突破力，⑲営業力，⑳人脈形成力
21 顧客満足，22 素直さ

５：非常に重要，４；かなり重要，３ほどほど，２：あまり重要でない
１：全く重要でない

２）あなたは，どの時期に，その資質や能力を身に付けたと思いますか？

１：家庭環境（小学校入学前まで），２：学校環境（大学，院卒業まで）
３：社会人になってから

３）あなたは，入社後，最も，影響があった上司は，どのような上司で，

その時期はいつでしたか？

１：入社後すぐ，２：新規技術開発前，３：調査・原理検証段階

４：技術開発段階，５：事業化前段階

４）あなたに開発を命じた上司は，上記１）の資質のうち，どのような資質を身に付けていましたか？

５）あなたは，開発を命じた上司は，上記１）の資質の内，あなたのどのような資質や能力を見込んで，あなたを開発リーダーを命じたと思いますか？

６）あなたが，成長したと感じたのは，どの時期で，何を身に付けましたか？

１：入社後すぐ，２：新規技術開発前，３：調査・原理検証段階

４：技術開発段階，５：事業化前段階

２．インタビュー及びメールアンケート調査

１）３次元デジタイザー；野村剛

・インタビュー：日時；2010年12月16日，15:00-17:00

２）超高精度３次元測定機；吉住恵一

・インタビュー：日時；2010年12月14日，15;30-17;00

・メールでの依頼：2011年9月9日，回答受取：2011年9月20日

３）層間接続実装多層基板；塚本勝秀

・インタビュー：日時；2010年12月15日，13:00-14:30

・メールでの依頼；2011年9月9日，回答受取：2011年9月13日，

４）３次元実装基板；

鈴木俊之，立田厚

・インタビュー：日時；2010年11月30日，13;00-14;30

鈴木俊之

・メールでの依頼：2011年9月9日，回答受取：2011年9月30日

５）高熱伝導シート；西木直巳

・インタビュー：日時；2010年12月15日，15:00-16:30

・インタビュー：日時：20119月15日，14:30～15;30

６）血糖値センサー；南海史郎

・インタビュー：日時；2010年11月18日，15;00-17;00

・メールでの依頼：2011年9月9日，回答受取：2011年9月21日

【参考文献】

第３章

1) 秋山 伸幸，大島 良正，小泉 光義，秋葉 政邦，永友 宏人，“偏光ﾚｰｻﾞによるパターン付試料上の異物検査の自動化”，計測自動制御学会論文集，Vol 17, No 2 ， p 237/242, （1981）

2) 小泉光義ほか，“LSI .ウエハーパターンからの反射光の解析”，計測自動制御学会論文集，Vol 21, No8, p 856/862, （1985）

3)小泉ほか，“LSI プロセスにおける微小異物検出技術,日立評論”，68-9, p43/48 （1986）

4)小泉光義ほか，“Lsi パターンからの反射光の偏光特性を利用した異物検査方法”，計測自動制御学会論文集，Vol 25,No9,p954/961,(1989)

5)秋山伸幸,“半導体用異物検査技術”,精密工学会誌,Vol 55,No2, p 294/298,(1989)

6)秋山伸幸ほか，“ SiO_2 薄膜付き.ウエハー上微粒子からの散乱光シミュレーション“，精密工学会誌，67, 10, p 1642/1646, （2001）

7)秋山伸幸ほか，“SiO_2 薄膜付き.ウエハー上微粒子からの散乱光検出”，精密工学会誌，Vol68, No4, p 531/535, （2002）

8)秋山伸幸，水野文夫，井古田まさみ，高見勝己，“空間フィルタを用いた.ウエハー異物検出技術“，精密工学会誌，Vol 58, No11, p1909/1914, (1992)

9)秋山伸幸，中田俊彦，牧平坦ら，“差画像検出方式異物検査装置の開発”，精密工学会誌，Vol 57, No 11, 1955/1960, (1991)

10)中村篤史ほか，“センサ走査方向比較検査によるTFT-LCD 上微粒子検出”，精密工学会誌，Vol 61, No6, p 864/868, （1995）

11)秋山伸幸,“空間フィルタ・差画像併用異物検査装置の開発”，画像ラボ，4,3 ，p 64., （1993）

12)中村篤史，秋山伸幸ほか，“微小パーティクル検出用半導体レーザ高照度照明系の開発”，Vol 61,No12,p1730/1734,(1995)

13)M.ボルン，E.ウオルフ著，“光学の原理３”，東海大学出版会，p 957-958

14)伊藤正弥，砂川義隆，西井完治，濱野誠司，野村剛，“距離計測システムおける，大深度測定化と高分解能化の両立”，　計測・自動制御学会論文集

Vol.34,No8,884/889, (1998)

15)Rioux et al: Design of a large depth of view threedimensional camera, Opt.Eng., 26-12, 1245/1250 (1987)

16) 広野:レーザビーム走査による二次元距離計測装置,信学技報, R9-61, 53/58 (1995)

17) 福永,他:ステレオ画像法とその応用,システムと制御, 30-4,220/227 (1986)

18) 三好,他:非接触3-Dディジタイジングシステムの開発研究,精密工学会誌, 56-6, 1021/1026 (1990)

19) Takeda et al: Fourier transform profilometry for the automatic measurement, Appl. Opt., 22-24, 3977/3982(1983)

20) Mcleod: Axicons and their uses, J. Opt. Soc. Ame., 50-2,166/169 (1960)

21) 早水:光機器の光学, p. 64,日本オプトメカトロニクス協会,(1988)

第4章

1) 野村ほか「エレクトロニクス分野における新規事業創出について（その1）」（－4種類のデバイスを2種類の設備についてー）日本経営システム学会, Vol28, No2,Nov, p 159-165, 2011

2) 野村ほか「エレクトロニクス分野の新規事業創出」（－開発リーダーの投入のあり方—）, 日本経営システム学会, Vol29, No1, July, p 63-68, 2012

3) Maidque.M.A, ” Entrepreneurs, Champions and Technological Innovation” Sloan Management Review(Winter), 1980

4) 三隅二不二, 「リーダーシップの行動科学」（改訂版）, 有斐閣, 1984

5) Litwin.G and Stringer.R “Motivation and Organization Climate”,Harverd University Press,1971

6) Burgeleman,R.A & Sayles,L,” Inside Corporate Innovation (New York: The free Press),1986

バーゲルマン, L,R ｾｲﾙｽﾞ著 「企業内ｲﾉﾍﾞｰｼｮﾝｰ～社内ﾍﾞﾝﾁｬｰ成功への戦略組織化と管理技法」ソーテック社 (1987)

7) Block,Z and Macmillan. I.C, “Corporate Venturing”, Harvard Business School

Press, 1993,

8) Noori,H." Managing the Dynamics of New Technology ",Upper Saddle Rriver,NJ:Prentice Hall,1990

9) Kim.J and Wilemon.D, "Focusing the fuzzy front-end in new product development" ,R&D management 32,4,P269-279, 2002

10)Walter.A ,Praboteech.K, Riesenhuber.F,and Hoegl.M, "Championship Behaviors and Innovations Success:An Empirical Investigation of University Spin-Offs ",Journal of Innovation Management 28,p586-598,2011

11)Rickne.A "Connectivity and Performance of Science-Base Firms" Small Business Economics 26:p393-407, 2006

12)Zhao, H. & Seibert, S. E. ," The Big Five Personality Dimension and Entrepreneurial Status: A Meta-Analytical Review" ,Journal ofApplied Psychology Vol. 91, No.2, p259-271,2006

13)Dvir, D., Sadeh, A. and Malach-Pines, "The fit between entrepreneurs 'personalities and the profile of the ventures they manage and business success: An exploratory study" , Journal of High Technology Management Research 21 p43-51,2010

14)Brandstatter, H.," Personality aspects of entrepreneurship: A look at five meta-analysis" Personality and Individual Differences 51p222-230, 2011

15)Allen, K.," Entrepreneurship for Scientists and Engineers, Pearson Education,2010

16)Wolcott, R. C. & Lippitz, M. J.," Grow From within: Mastering Corporate Entrepreneurship and Innovation" McGrraw-Hill, 2009

17)Mintzberg.H and Waters.J.A , "Of Strategies ,Deliberate and Emergent" Strartegic ManagementJournal,Vol.6,257-272,1985

18)Markham. S.K, Ward.A.J, Aiman-Smith.L, Kingon A.I," The Valley of Death as Context for Role Theory in Product Innovation" , Journal of Product Innovation Management p403-417,27,2010

19)Beard.T.R, Ford.G.S, Koutsky.T.M, Spiwak.L.J," A Valley of Death in

innovation sequence: an economic investigation”,Rearch Evaluation p343-356,December 2009,

20)Roberst.E.B,"Managing Invention and Innovation",Research-Technology Management’s 50th year of publication,2007

21)Cooper. R.G,” Perspective :The Stage-Gate Idea-to-Launch Process-Update,What’s New,and NexGen Systems”, Journal of Product Innovation Management p213-232,25,2008

22)Kline.S.J “Innovation is not linear process” Research Management,July-Aug,vol28, pp36-45,1985

23)Burgelman.R.A, “Strategy is Destiny :How Strategy-making Shapes a Company’s Future”, The Free Press ,2002
R・A.バーゲルマン著：「インテルの戦略」,ダイヤモンド社,(2006)

24)Christensen. C, ” The Innovator’s Dilemma “,Boston.MA:Harvard Business School Press,1997

25)Verworn. B, Herstatt. C, Nagahira. A,” The fuzzy front end of Japanese new product development projects:impact on success and differences between incremental and radical projects”,R&D Manegement 38,1,2008

26)Baron,R.A, “Opportunity Recognition as Pattern Recognition: How Entrepreneurs Connect the Does’ to Identify New Business Opportunities” Academy of Management Perspectives,20(1) 104,February, 2006

27)Zietsma.C “Opportunity Knocks Does It Hide? An Examination of the Role of Opportunity Recognition in Entrepreneurship “ Frontiers of Entrepreneurship Research ,1999

28)Harron.C.& Sapienza.H.J.” The Entrepreneur and Initiation of New Venture Launch Activities” Entrepreneurship: Theory & Practice 17(1):49,1992

【本論文に関する発表論文リスト】

【学術論文】

1．伊藤正弥，砂川義隆，西井完治，濱野誠司，野村剛

“距離計測システムおける，大深度測定化と高分解能化の両立”

計測・自動制御学会論文集 Vol.34,No8,884/889，(1998)

2．Tsuoshi Nomura ,Tatsuo Nagasaki, and Masami Ito

“Development of Inspection Machine that Defect Small Particles Added on Surface with Precise Pattern by Capturing Backwards Scattered Polarized Light”

International Journal of Automation Technology, Vol.6, No.6, p781/791. (2012)

3．野村剛，石田修一，池田順治

“エレクトロニクス分野における新規事業創出について（その１）－ 4種類のデバイスと2種類の設備について －”

日本経営システム学会誌，Vol.28，No.2， Nov，p159/165，(2011)

4．野村剛，上西啓介，石田修一，池田順治

“エレクトロニクス分野の新規事業創出 －開発リーダーの投入のあり方－ “

日本経営システム学会誌，Vol.29，No.1，July，p63/68，(2012)

5．野村剛，上西啓介,石田修一，池田順治，松井卓也

“エレクトロニクス分野の新規事業創出 －デバイスを事例として－”

日本経営システム学会誌，Vol.29, No.3, March, p267/274, (2013)

【口頭発表論文】

1．野村剛，松井卓也，池田順治，石田修一

“エレクトロニクス分野における新規事業創出のケーススタディ －4種類のデバイスについてー”

第４６回日本経営システム学会全国研究発表大会講演論文集，p.56/59, (2011)

2．野村剛，松井卓也，池田順治，石田修一

“エレクトロニクス分野の新規事業創出（その２） －開発リーダーの投入のあり方ー”

第４７回日本経営システム学会全国研究発表大会講演論文集 p.32/35, (2011)

３．野村剛，松井卓也，上西啓介,池田順治，石田修一
“エレクトロニクス分野の新規事業創出　－技術戦略と市場の捕らえ方－”
日本 MOT 学会　第三回年次研究発表会，p.113/116，（2012）

【解説等】

１．野村剛，濱野誠司，大河原大輔
“非接触・３次元デジタイザーシステム”
型技術協会：月刊誌「型技術」12 月号，Vol.11，No13，p.22/23，（1996）
２．長崎達夫，下野健，野村剛，大河原大輔，伊藤正弥，高本健治，西井完治
“インライン向け高速異物検査装置”
National Technical Report，２月，Vol.43　No.1，Feb.（1997）
３．野村剛，濱野誠司
“３次元デジタイザーシステムにおけるセンサ開発とデータ処理”
日本設計工学会，12 月号 Vol.32，No12　449/453　（1997）
４．野村剛，濱野誠司
“立体物の精密計測とその形状修正および自動曲面生成“
月刊誌「映像情報　インダストリアル」31(7)，４月号(1999)
５．間瀬健一郎，寸土勧，長崎達夫，野村剛
“異物検査を用いた歩留まり向上”
Matsushita Technical Journal，６月号 Vol.47，No3，p61/65，June（2001）

【本論文に関する特許リスト】

1．　濱野誠司,一柳高畤,野村剛,浜村公平,“３次元形状データの処理方法“,
出願日：1993.7.23, 特願平 5-182580, 特許第 3075023 号, US5668894 A

2．　野村剛,一柳高畤,浜村公平,濱野誠司,“三次元形状計測方法および装置
出願日：1994.3.8, 特願平 6-36966, 特許第 3189557 号

3．　野村剛,濱野誠司,浜村公平,一柳高畤,“三次元形状計測方法”,
出願日：1994.3.17, 特願平 6-47345, 特許第 3307060 号

4．　伊藤正弥,西井完治,野村剛,濱野誠司,“距離計測方法及び距離センサ”
出願日：1996.4.23, 特願平 8-101347, 特許第 3633713 号, US5781269 A

5．　野村剛,長崎達夫,“異物特定方法，異物特定装置，および発塵源特定方法”
出願日：2001.02.15, 特願 2001-38042, 特許第 3736361 号

6．　伊藤正弥,西井完治,野村剛,濱野誠司,“距離計測方法及び距離センサ”
出願日：2004.11.15, 特願 2004-330139, 特許第 3696228 号