

# 「人と科学のハーモニー — 総合科学への道」

## —21世紀科学の創成から産業再興と次世代活性化へ—

大日本印刷(株) 技術開発センター 物性分析研究所 黒田 孝二  
〒277-0871 千葉県柏市若柴 250-1、e-mail:kuroda-k2@mail.dnp.co.jp

はじめに

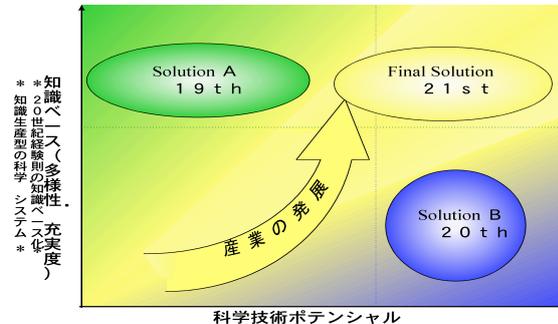
モノづくりの現場では熟練者が原子／分子／集合体を機能体に仕立てあげる。音楽、文学には芸術家がいる、音符や文字という要素から音楽、物語を生み出す。

「人」は個々の要素を知らずとも満足や感動を覚える。個々の要素積上げのみで、モノづくりは達成できない。多様な失敗を経た感性は、雑音から有効要素を見出す。博物学的な20世紀の科学から、人の感性と連動する21世紀の科学の創成が、次世代のために緊要である。

### 1. 21世紀のモノづくりソリューション

20世紀は科学技術が一人歩きした異常な時代であった。時代遅れの道具は改良/交換しなくてはならない。21世紀のソリューションは、人間の持つ知識・経験・感性と多様な科学技術の融合領域に存在する。

21世紀はナノレベルの制御技術の時代になると予測されている。この複雑系の制御でグローバルリーダーになるには、科学技術を人間の感性に根ざした知識・経験則と統合した新体系に革新し、次世代の活力に引き継がねばならない。



知識欲を動機付ける魅力ある科学体系と共に。 図1. 21世紀の科学技術ソリューション

- |      |                         |              |
|------|-------------------------|--------------|
| 19世紀 | 経験⇒感性⇒洞察⇒要因抽出⇒ソリューション   | …人間⇒科学への置き換え |
| 20世紀 | 実験⇒要素分解⇒システム編成⇒総合機能?    | …科学発展の自己矛盾   |
| 21世紀 | 要素の多様化⇒複雑系の総合把握⇒ソリューション | …人間と科学の調和・融合 |

20世紀の日本を支えたモノづくり技術は先人の感性と経験則の活用の賜物である。モノづくりの仕上げ過程にある印刷産業にあって、その多くがナノテクノロジーに支えられたものであることを実感している。今後の日本の産業再興に極めて示唆的であり注目に値する。

### 1. 1 ナノテクノロジーは経験則的既存技術

図2の横軸は印刷の加工の細かさである。

印刷の網点は数10 μmから約200 μmに大きさを覚えて色の濃淡を表現している。人間は個々の網点は認識しなくとも、全体の濃淡の滑らかさを見極める能力を備えている。縦軸は6000例に及ぶ解析事例から得た経験則で、製品表面から深さ方向にどの機能が分担されているかを示している。製品トラブルに見舞われたときに、治療すべき部位を特定するのに貴重な経験則で、確信はあるのだが客観的、学問的な立証は出来ていない。

注目すべきことは、基本機能である滑り、濡れ、離型、転写、接着はいわゆるナノメートルの深さ領域が左右する機能であり、人間の感性と経験則でナノテクノロジーを駆使してきたという事実である。筆者自身、表面のナノオーダーの滑り成分を指先で区別できる。

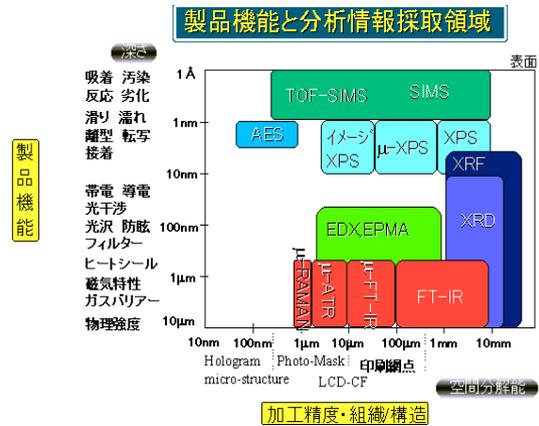


図2.印刷製品の精細度と深さ方向の機能分担

### 1. 2 モノづくりソリューションに必要な川上川下産業間知識の相互融合

日本の印刷産業は殆どの産業分野に加工製品を提供するという世界に例のない産業構造を作り出している。日本のモノづくりソリューション能力のグローバルな競争力に懸念されることは、川上産業は自己の材料がどのような加工プロセスで製品化されるのかを知らず、川下産業はどのように作られた材料かを知らずに製品化していることである。それぞれに部分最適化を図っても、垂直統合型の全体最適化は望めない。垂直統合の仕組みも広い視野を持った人材もいないのが実情である。

欧米の化学産業は傘下に最終製品を作る関連会社を擁してトータルプロセスを最適化しようとするビジョンを持っている。印刷産業の扱う系は、多彩な材料を多様な加工技術を駆使して様々な得意先の要望に応える、いわば多変量で、変数が多くて、方程式が少ない論理的に答えの出ない世界である。従って筆者は単独での解明を諦めて川上・川下産業の分析部門間交流を重ね、実学知識や経験則の相互交流に努めている。

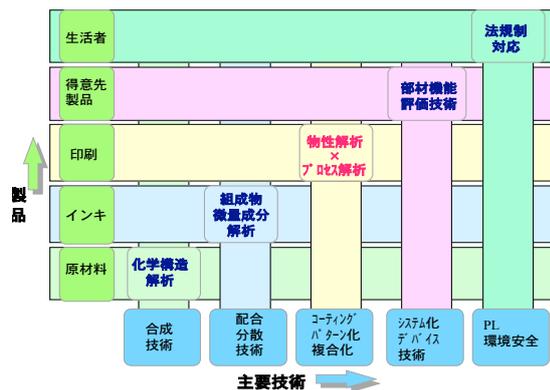


図3. 川上川下産業間の分析部門交流  
材料の挙動を見極めて、次の挙動を適切に予測し、最適に制御するために科学はある。21世紀型モノづくり科学の実現には、欧州の「歴史的本質を見る目」と東洋の「洞察する総合力」の融合が必要ではないだろうか？

## 2. 印刷産業における工程中の材料挙動解析

印刷工程では、インキ等の溶液が塗布・乾燥を経て一人前の機能性膜となって製品になっていく。材料面からみると分子分散体（インキ）→集合体→組織→構造体（製品）へと劇的な成長を遂げ、機能的な表面・界面・内部組織が形成される。この過程は、多種の物質が様々な時定数で状態を転換する材料挙動の集大成である。

材料は時々刻々改良が加えられ、バイオ関連の新素材も新登場する。この構造を見定めて、成長パターンを予測し、得意先が望む市場原理に合致する

製品機能に育て上げるには、分析、計測、評価技術や実証データも総動員して、時間軸上で分子から集合体、構造体の各階層の挙動を相互に相関解析しながらモデル像を洞察していく必要がある。

どのタイミングで光を当て、熱をかけ、風を送るかで、複雑な挙動変化をきたし、何をしたら次の挙動が異なる。動いていく馬の上から飛び道具で動く標的を射止める…流鏑馬というより実戦である。

人間には、不十分なデータを経験則や洞察力で補完して適切な回答を引き出す能力がある。熟練と言われる能力と、スムーズなインターフェイスのとれる科学への転換がモノづくりソリューション競争力の武器となると確信している。

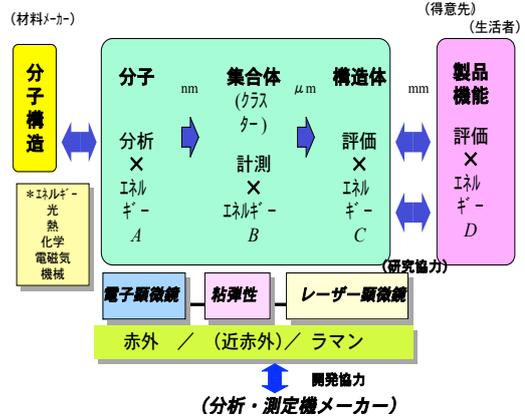


図4. 工程中材料挙動の時間軸解析

### 2. 1 材料挙動を予測するダイナミクスの重要性 ⇒ 物質固有のリズムとのハーモニー

インキを構成する成分の各々がプロセスに応じて、表面や界面で機能発現に至る挙動が時間軸で把握できれば、20世紀に

経験則的に培われたプロセス技術がサイエンスできる。

21世紀を担う次世代が試行錯誤しつつ独自の知識生産とソリューションパターンの獲得を動機付ける基本ツールとして、このシステム開発に挑戦しようと考えている。

知恵やコンセプトは継承されないが、ツールは継承されるのであるから。

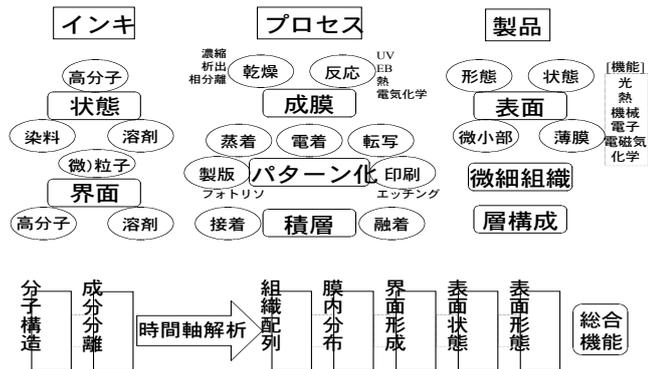


図5. 印刷工程中のエネルギーと材料の動的挙動解析

材料は、ある固有の複雑なリズムを持っている。そのリズムを無視したタイミングでエネルギーを与えても、超精密な機械で制御しても、材料は言うことを聞かないことを熟練者は良く知っている。モノの持つ固有のリズムを知って初めてモノづくりができる。

## 2. 2 モノづくり改革へソリューションパワーを引き出すビジュアル化

21世紀は企業にとって基盤技術のサバイバルの時代である。魅力的、効率的でなければアライアンスの相手にも選ばれない。分析部門も重点を生産現場ソリューションにシフトした。開発研究者と違いデータや理念でなく、感性の合わせこみの世界で、モノ、システム、レシピの具体論が求められる。ここで、有効なコミュニケーションツールは、「ビジュアル化」である。

環境問題や法規制の強化等で現場は経験則の無い水性化インキへの転換に直面している。適切なビジュアル化は、専門性の垣根を越えて、普段仲の良くない、材料、プロセス、機械、生産の各技術陣の問題意識を一つに方向付けて総合力を発揮するパワーを持つ。キーワードはBy Site Soutionビジュアル化、材料のリズムに合わせたモノづくりである。

分析のモノの見方を「七み」と称している。「見」「観」「視」「診」「看」⇒「察」「

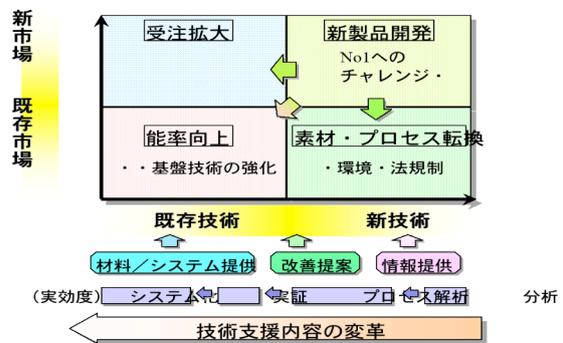


図6. 分析部門の活動の変革

市場価値に合わせ込んだ加工技術への変革  
-DNP材料挙動のあらゆる姿を「みる」  
分析の「七み」（見・観・視・診・看⇒察・顧）の活用

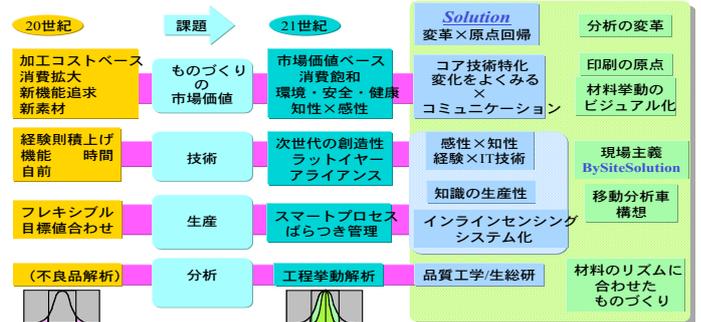


図7. 分析部門の21世紀ソリューション

## 3. 21世紀の活力=次世代のソリューション能力活性化に必要なもの

ソリューションのポイントは初動の解析設計にある。分析部門を例に解析設計の知的ワークに注目すると、過去の経験から類似モデルを抽出し、モデル追求に不足な要因を分析で補完する。総合解析で各データを矛盾無く説明しうる仮想モデルに練上げ、人間の「欠陥抽出能力」で原因究明し、改善策に

至る。この成否が新たな知識ベースに蓄えられる。多種多様な経験があればある程、迅速かつ的確なソリューション提案ができる所以である。課題解決型組織の最大の武器は、データ精度と、これを知恵に活かす「知識ベースの多様さと豊富さ」にあることを認識して、人材獲得、育成に努めるべきである。

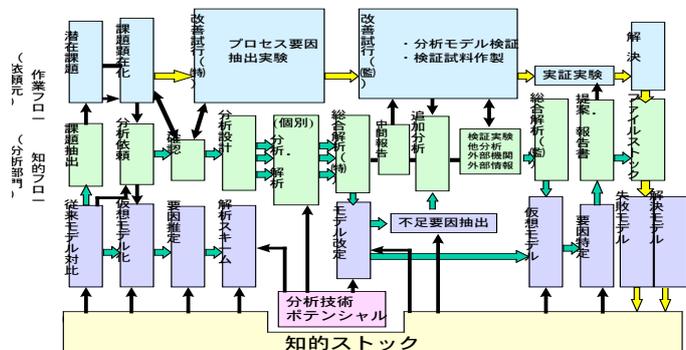
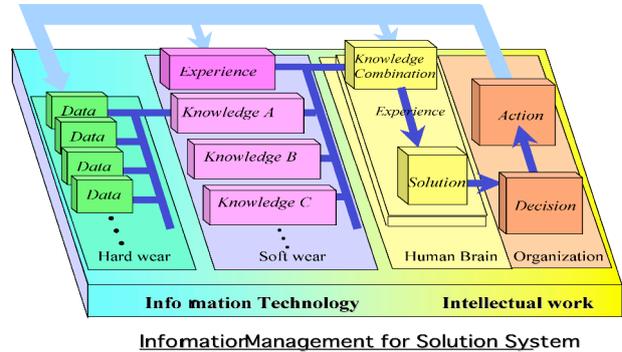


図8. 課題解決型分析における知的ワークフロー

#### 4. 21世紀の物づくり技術の変革に必要なもの

##### 4.1 知的ワークとIT技術のあり方

ITは人間の知的ワークを支援する道具である。ITが発展するほど、人間はより深く、よりスピーディに知的ワークをなして、創造性を高めていかねばならない。単なるデータベースでなく知的ワークを活性化させ、人間が判断し得るインターフェイスが最も重要である。膨大化するデータのひとつひとつをキーマンは理解する余裕なしに、



判断せねばならない。これらのデータを 図9. IT技術と知的ワークのインターフェイスのようにカテゴリライズして判断に資するのかがナレッジマネジメントの最大の課題となる。ビジュアル化はここでも人に、理解、判断という重要な知的インパクトを与える。

##### 4.2 物質プロセス知識ベースの重要性

「人を知る」ということは、目鼻立ちを精度良く記憶していることではなく、働きかけへの反応パターンを把握していることである。「物を知る」ということは、物質の構造を細かく記述することではなく、与えたエネルギーに対する物質の挙動を把握していることである。この知識を多様を持つことがソリューションパスの多様性を産み、次世代が自力でデータを活かす知恵を産む源泉となる。「知識を生産するシステム」が次世代への継承財産である。

##### 4.3 21世紀型科学体系のあり方

従来の科学は体系を分類・単純化した要素解析をもとに積上げてきた。⇒限界である。以下に、20世紀の科学が扱った理想系とソリューションに必要な現実系とを対比する。データは、この背景に照らして解釈・予測・行動される。20世紀系の眼界である。

20th	⇒	21st	
① STATIC	⇒	DYNAMIC	モノの次の動きを予測!
② LOW SPEED	⇒	HIGH SPEED	モノづくりは高速現象!
③ EQUILIBLIUM	⇒	RELAXATION RATE	モノの持つリズムを把握!
現場で次に起こる現象は、速い現象である。速度を予測する科学的手法は乏しい!			
④ DILUTE	⇒	CONC	モノは複雑な相互作用の中!
⑤ UNIFORM	⇒	STRUCTURAL	モノは構造化して機能発現
⑥ DATA	⇒	VISUAL	モノの姿をみんなで見よう!
⑦ MATERIAL FLOW	⇒	ENERGY FLOW	モノの姿を決めるエネルギー!
⑧ IDEAL	⇒	ACTUAL	モノづくりの知恵は現場に聞く!
⑨ LABOLATRY SOLUTION	⇒	BY SITE SOLUTION	現場と協業!

21世紀には、科学体系自体ファジーに統合された複雑系であることを前提として、データや知識を取込む度に体系自体が機能構造を成長させていく、複雑系自己発展的型の科学体系になるべきである。

これが20世紀の原体験を次世代に継承し、創造的知的ワークを活性化して、ITと人間が双方向で連動しうる新たな科学体系の姿ではないかと考える。

繰り返しになるが、21世紀型モノづくり科学の実現には、欧州の「歴史的本質を見る目」と東洋の「洞察する総合力」の融合が必要ではないだろうか？

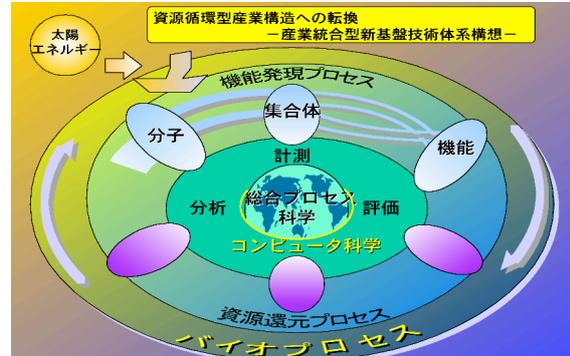
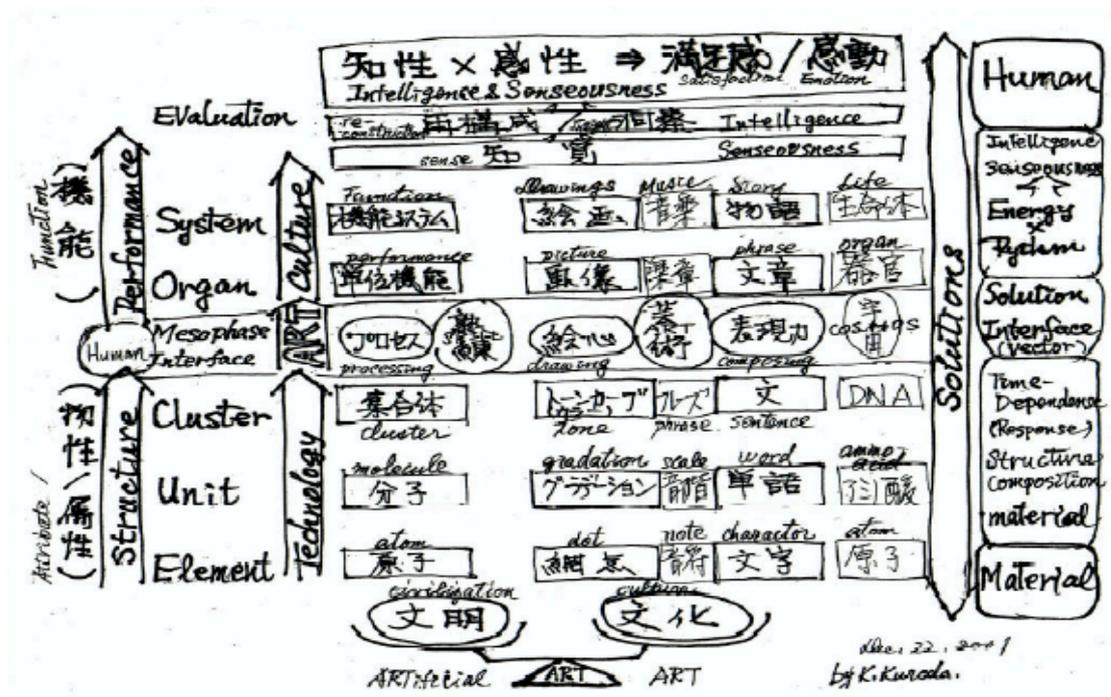


図 10. 21世紀のモノづくり科学体系コンセプト

### 5. 総合科学への道

科学は哲学を否定する形で発展してきた面がある。今、20世紀の科学の限界を見た。もう一度、科学を哲学し、その人間とのインターフェイスのあり方を考え直すべきである。モノづくりの世界から見て、熟練と芸術のなせる技に何か共通性を見出せないだろうか？

人は個々の分子を認識しなくてもモノから心地良さを感じる、物語や音楽も、個々の記号は覚えていなくても、感動や満足を感じる。この集合体が人間にアピールするものは何か？



すべての科学や芸術が、人間の知性と感性と融合し、満足感や感動を与えるものは何か？ 追求を始めるファーストステップとして21世紀を位置付けたい。

私は、それを「エネルギー&リズム」(ENERGY & RHYTHM)だと直感する。