ハイテク企業における TRIZの推進と適用

～韓国サムソン電子を指導したTRIZエキスパートが語る～

第2部. TRIZの有効な適用 どのように使うのか? (エンジニアのために)

バレリ・クラスノスロボーツェフ
(テクニカル・イノベーション・センター、米国)

(株) アイデア 主催『TRIZ特別公開講演』
2006年 8月28日
国際貿易センタービル 3F Room A (東京・浜松町)

スライド和訳: 中川 徹 (大阪学院大学)

講演の構成

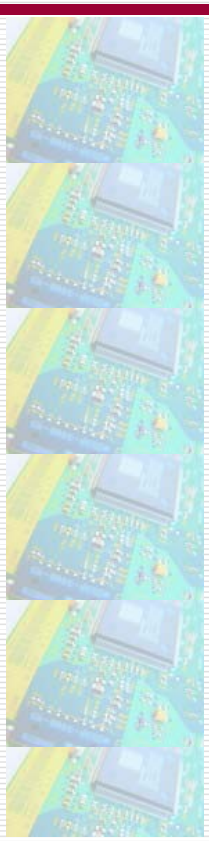
1. はじめに
2. TRIZの諸ツールとそれらを適用するためのロードマップ
3. 統合アルゴリズムARIZの構造とその実践的な特徴
4. ベストプラクティス: 企業の実地TRIZプロジェクトを探る
   - ❖ ロボット真空掃除機の開発
   - ❖ 非接触式プリンタの開発
   - ❖ より広い視野角をもつLCDの開発

質疑応答

1.
はじめに

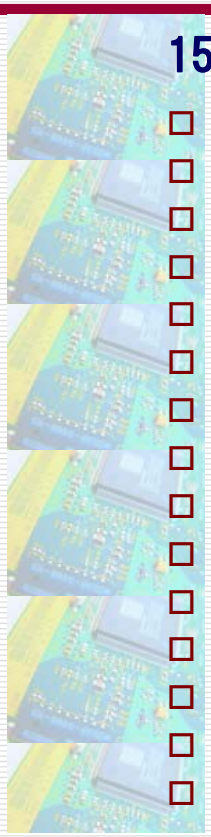
講演の主たる目標

- TRIZの諸ツールの適用のしかたを、
  実際の企業条件での使用をもとに分析する
- さまざまなタイプのTRIZツールを備えた、
  問題解決のためのロードマップを紹介する
- 問題解決のための
  統合した論理的アルゴリズム (ARIZ) に馴染む
- ロードマップと統合した論理的アルゴリズムを、
  新規技術分野での改善に適用した例について、
  企業での事例を提示する



2.
TRIZの諸ツールとロードマップ

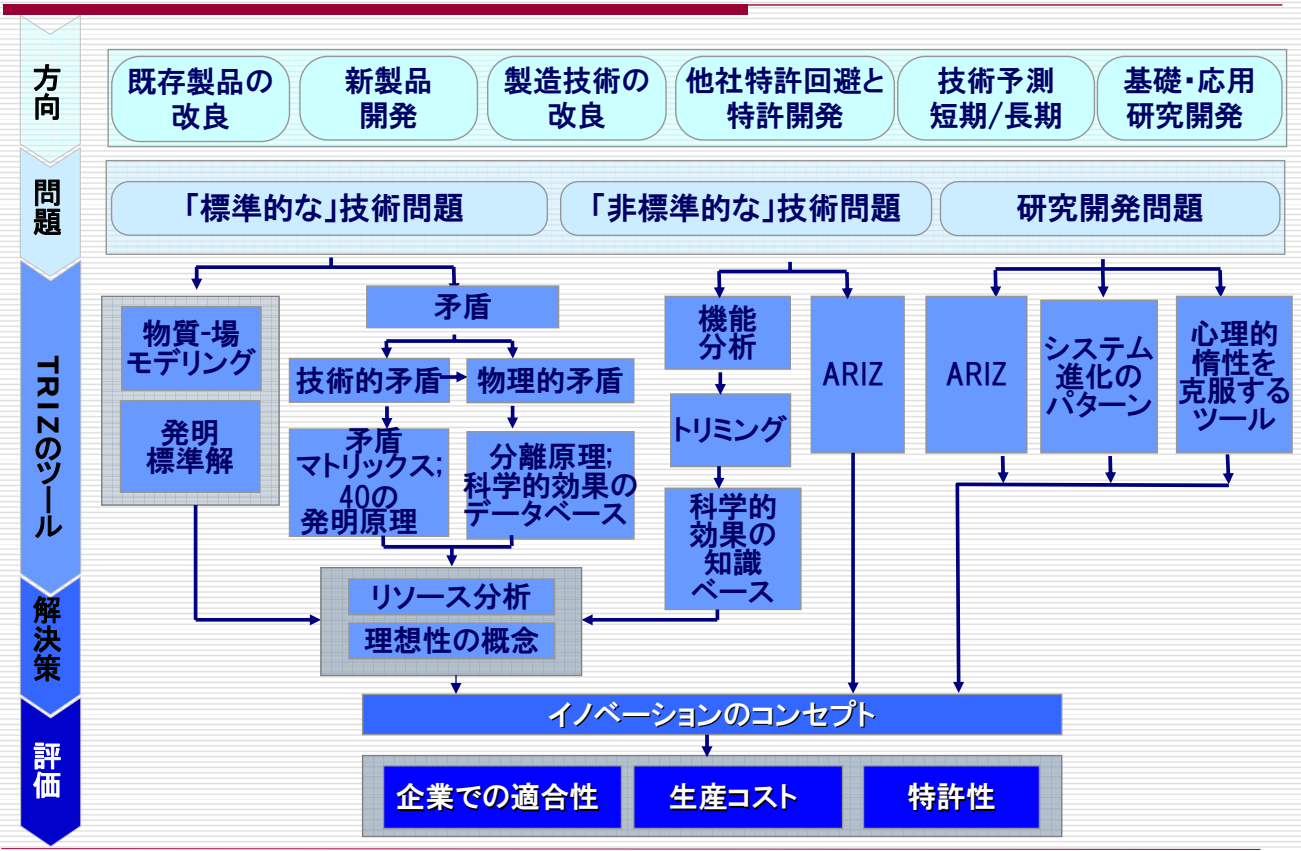
TRIZの諸ツール



15のTRIZツール群: 問題解決に、独立に/組み合わせて、使える。

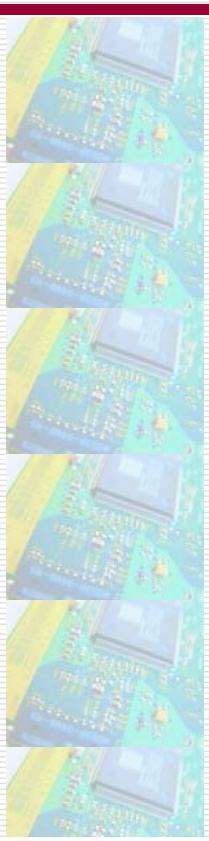
- 発明的問題解決のアルゴリズム (ARIZ)
- 技術的矛盾
- 物理的矛盾と分離原理
- 40の発明原理と矛盾マトリックス
- 物質-場モデリング [物質-場分析]
- [76の] 発明標準解
- 科学的効果 [の知識ベース]
- システムの進化のパターン [進化のトレンド]
- 理想性の概念 (分離して) [究極の理想解など]
- リソース分析
- 機能分析
- トリミング
- 多画面思考法 [9画面法]
- サイズ-時間-コスト法 [STCオペレータ]
- 小さな賢人たちによるモデリング [SLP]

問題解決プロセスのロードマップ



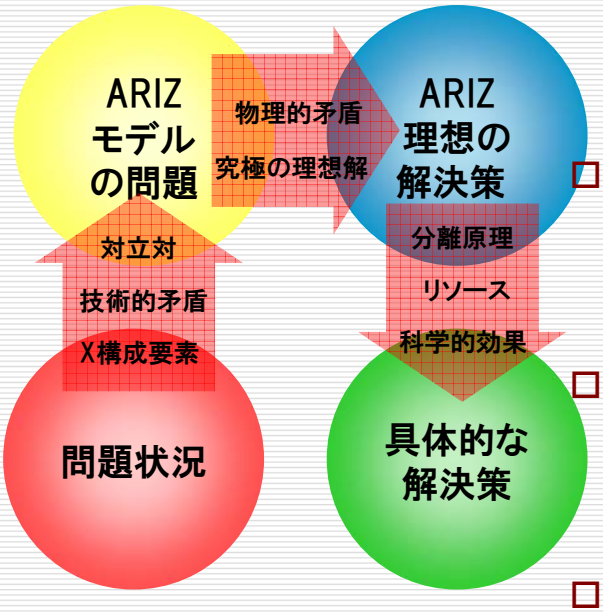
問題のタイプ

問題のタイプ	問題の性格	解決の方法
「標準的な」技術問題	自明な技術的な矛盾を含んでおり、 それをエキスパートが容易に示せるもの。	これらの矛盾の解決には、 発明原理あるいは 物質-場モデリングと発明標準解 を適用すればよい。
「非標準的な」技術問題	明瞭でない矛盾を含んでおり、 これらの問題は 発明原理や発明標準解だけを適用したのでは解決できない。	これらの問題の解決には、 ARIZを使うか、あるいは、 相互作用の機能分析 (例えば「サブジェクト-作用-オブジェクト」(S-A-O) の分析) と さらに トリミングや 科学的効果のデータベースなど を適用することを、 必要とする。
研究開発の問題	技術の予測に関係し、 最先端の科学的・技術的効果の適用に関係するもので、 普通オープンに分かるような 矛盾を含んでいないものである。	これらの問題を解決するには、 ARIZ、 システムの進化のパターン、あるいは、 心理的惰性を克服するいくつかの方法 (例えば、9画面法) を適用する必要がある。



3.
統合アルゴリズムARIZの構造とその実践的な特徴

統合化アルゴリズム



□ 問題状況を探索する
顧客にインタビューして、問題を記述する。最初の段階では複数の問題が含まれていることが普通である。質問票を使い、問題状況、問題が起こってきた背景、顧客が試みてきた諸対策、システムの構成要素間やプロセス間の関係、などを明らかにする。

□ ARIZによる問題のモデルを定式化する
このモデルはシステムとして二つの対立する要素だけからなる。「プロダクト」と「ツール」である。それらの間の技術的矛盾、およびこの問題を解決するのにX-構成要素が提供すべき機能を記述する。

□ ARIZでの理想の解決策を生成する
この過程で技術的矛盾を物理的矛盾に変換する。究極の理想解 (IFR) の定式化が、有用要因を増し、有害要因を無くすのに役立つ。この理想の解決策が、今後の具体化のための目標である。

□ 具体的な解決策を生成する
解決策を創出するには、リソースの分析、科学的現象の利用、物理的矛盾を解決するための分離原理の適用などによって行なう。

4.

ベストプラクティス:

企業の実地TRIZプロジェクトを探る

ベストプラクティス

企業の実地プロジェクトにTRIZを適用した例を
具体的に詳しく検討しよう。
さまざまな分野のものを選んだ。

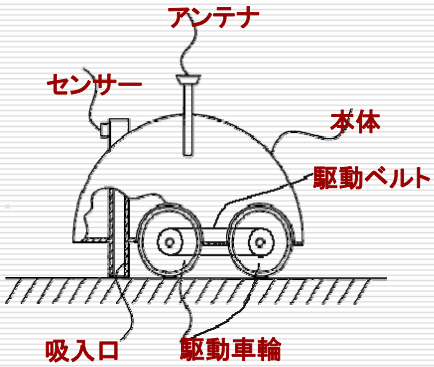
- □ **ロボット真空掃除機の開発**
- □ **非接触式プリンタの開発**
- □ **より広い視野角をもつLCDの開発**

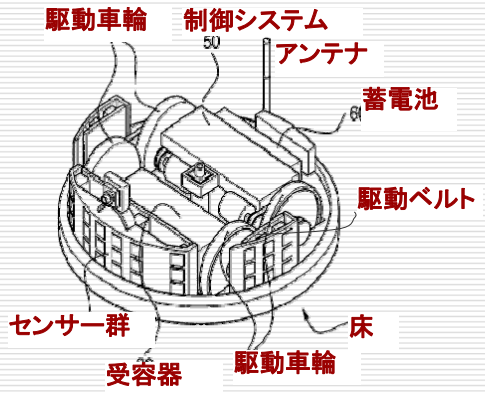
実地の技術問題を解決するのに、
TRIZツールをどのように使えるかを、
これらのプロジェクトが明確に示している。

ロボット真空掃除機の外観

4.1. ロボット真空掃除機の開発

問題状況を探索する





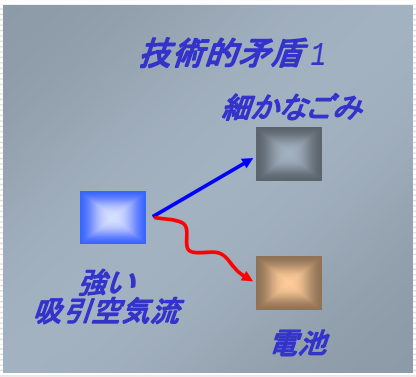
全く新しい、ロボット真空掃除機の開発に関わる問題である。人が介入せずに、室内のさまざまな床面をきれいに掃除するロボットを開発する。

ロボットの蓄電池は50～60分間もつ。電池がなくなってくると自動的に掃除を止め、充電基地に戻って、再充電する。充電が完了すると、先ほど中止したところから再び掃除を始める。

主たる問題: 掃除能力を改良するために、より強力なモータを使って吸引力を上げたところ、電池の持続時間が短くなり、しばしば再充電が必要になった。

そこで、この**プロジェクトの問題宣言文**は:
「既存の真空掃除機で、掃除の能力を増大させよ。ただし、蓄電池の容量や吸引モータの電力を増大させず、最小限の変更により、改良すること。」

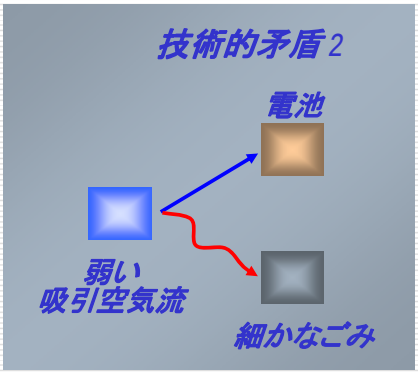
問題のモデルを定式化する



技術的矛盾1:「ロボット真空掃除機の吸引力を強くすると、
細かなごみを床面からうまく除去できる、しかし、
電力消費が増大するため、電池がすぐになくなり、
掃除できる時間が減少する。」

技術的矛盾 2:「吸引力を弱くすると、電池は長く続くが、
細かなごみを床面から除去できない。」

主機能は、よりよい真空掃除を提供すること
（すなわち、第一の図式）

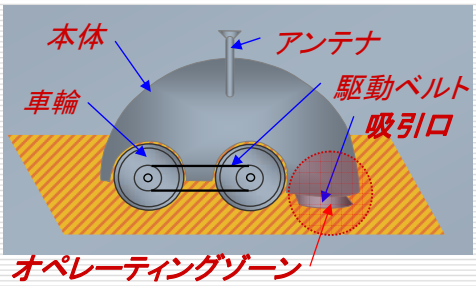


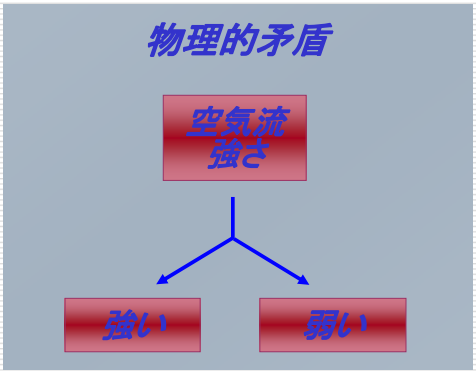
「プロダクト」: 細かなごみ

「ツール」: 吸引口の空気流

この問題を解決するために、何らかのX-構成要素（すなわち、システムへの変更）を見つけなければならない。
それは、吸引口の空気流を強くするもので、
電力消費量を増大することなく、従って、
電池やモータの容量を増大しないもの
でなければならない。

理想の解決策を生成する





物理的矛盾:
「吸引口での空気の力は、
細かなごみを除去するために、強い必要があり、かつ、
電力消費を減少させるために、弱い必要がある。」

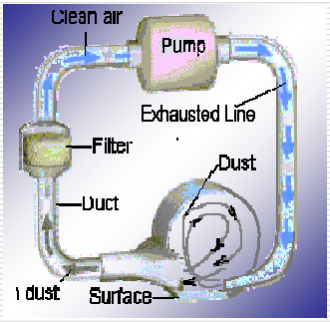
技術的な究極の理想解:
「ロボット真空掃除機自身が、
吸引口において細かなごみに作用する
非常に強い空気の力を提供する。
ただし、電池の再充電までの可動時間を長く保ち、
掃除機への変更は最小限であること。」

物理的な究極の理想解:
「(吸引口と床面間の) オペレーティングゾーンにおいて、
空気流自身が、
細かなごみに作用する大きな力を提供する。
ただし、電池の再充電間の可動時間を長く維持し、
吸引口の修正は最小限にすること。」

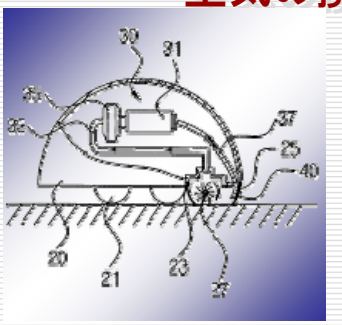
物質-場分析による リソース表

		物質	場
内部システム	プロダクト	ごみ	重力、機械的な付着力、静電気的吸着力
	ツール	空気流	負の静圧力、動圧力、粘性、摩擦力
外部システム	上位システム	吸引空気と吸引口、排気空気と排気口、電池、モータ、車輪、センサー、制御システム、アンテナ、その他のロボット部品	電気、磁場、回転摩擦、滑り摩擦、慣性力
	環境	まわりの空気、床、カーペット、家具、壁、障害物	大気圧、重力、地磁気場
	副産物	排気される空気	正の静圧力、正の動圧力

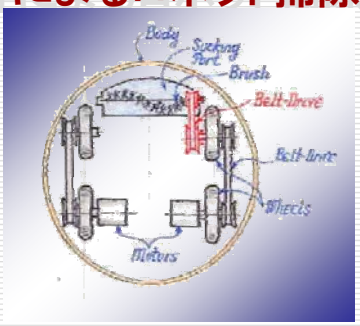
具体的な解決策を生成する:
空気の攪拌によるロボット掃除機



空気の循環と攪拌の模式図



側面の断面図 (模式的)



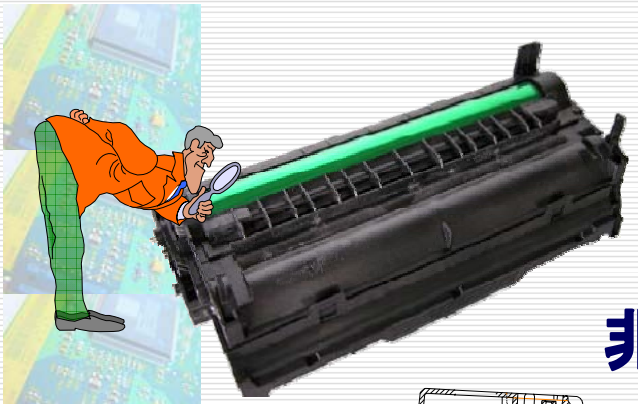
底面から見た図

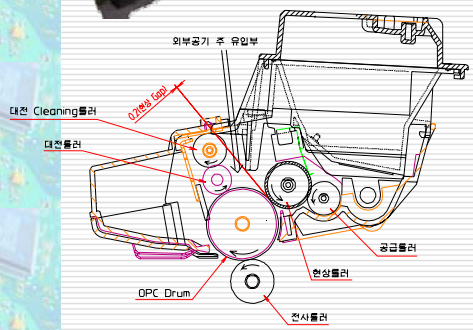
空気攪拌によるロボット真空掃除機の構造

具体的解決策の例: 真空掃除機の物質-場のリソースを使って、究極の理想解にアプローチするのにどうしたらよいだろうか? ここで提案されたのは、フィルター後の排気を、オペレーティングゾーンに導入することであり、上の左図のような模式で表せる。

吸気口から吸い込んだ空気は、フィルターを通った後、排気管によって循環し、エアジェットとして床に吹きつけられて、ゴミを床から離す役目をする。このエアジェットの口は吸気口の近くにあり、まわりはシール部材で囲まれている。掃除機本体の下の床面の一部を囲んでシールすることにより、エアジェットで散らされたごみが外部にまき散らされないようにしている。

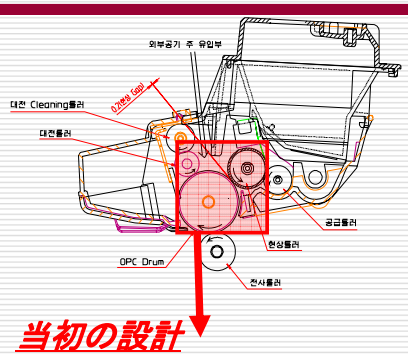
注: 米国特許 No. US7059012B2、優先日: 2002年4月16日、発明者: Jeong-Gon Song 他、サムソン電子。



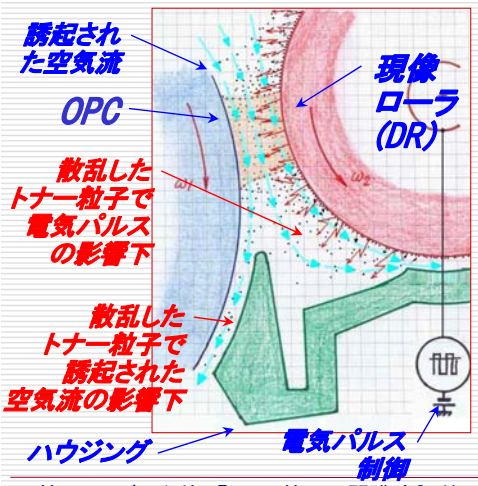


4.2. 非接触式プリンタの開発

問題状況を探索する



当初の設計



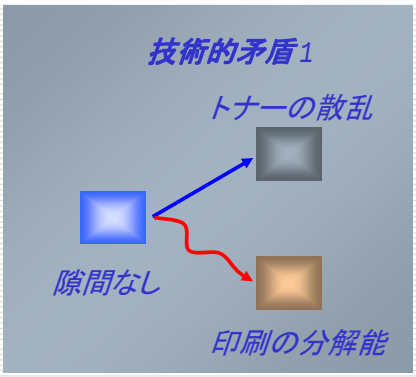
非接触方式の全く新しいプリンタ方式で、高電圧パルスを利用するものが実現されている。高電圧パルスが、負に帯電させたトナー粒子を、現像ローラ (DR) から有機光導電体(OPC)ドラムへと転写させ、粒子の一部はもとに戻される。粒子のごく一部が、誤った正に帯電する (これを、誤符号トナー (WST)と呼ぶ)。

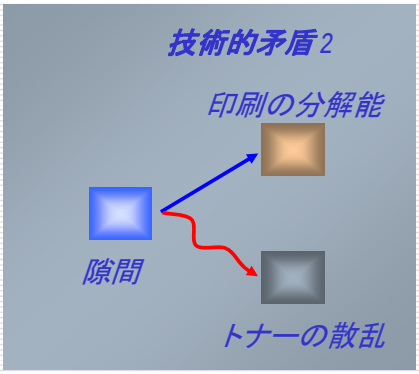
印刷プロセスにおいて、OPC、DR、およびハウジングとから構成される狭い空間において、トナー粒子が散乱される。この現象のためにトナー粒子の一部がOPCとハウジングの間の隙間を通って外に出て、紙のシートの上に落ち、印刷の質を損なう。

主たる問題:「トナー粒子がハウジングの外に出て、紙の上に落ちるのをいかにして防ぎ、それによって印刷プロセスの品質を向上させるか?」

そこで、この**プロジェクト管理の宣言文**はつぎのようである。「プリンタカートリッジに関して、最小限の変更により、トナー粒子のリジェクションをなくすことが必要である。ただし、カートリッジの初期の設計とその動作原理は維持すること。」

問題のモデルを定式化する





技術的矛盾 1: OPCドラムと現像ローラ/ハウジングとの間に隙間がなければ（すなわち、接触していれば）、トナーの散乱はないが、印刷の分解能と画像品質が悪化する。

技術的矛盾 2: OPCドラムと現像ローラ/ハウジングとの間に隙間がある（非接触である）と、印刷の分解能と画像品質が向上するが、トナー粒子がOPCとハウジングの間から外に出て紙の上に散乱する。

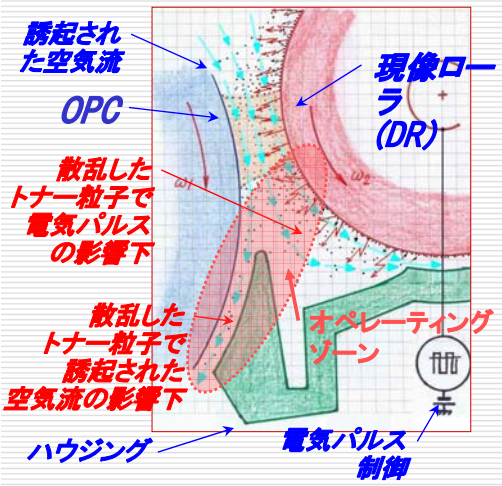
主要機能は、よりよい印刷分解能を提供すること
（すなわち、第2の模式）

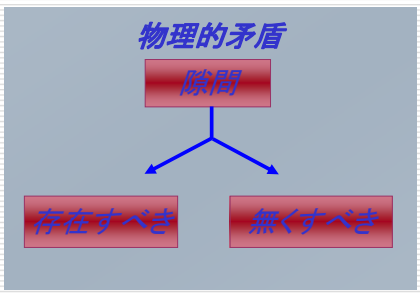
「プロダクト」: トナー粒子

「ツール」: OPCドラムと現像ローラ/ハウジングの間のギャップ

この問題を解決するには、何らかの**X-構成要素**（すなわち、システムへの変更）で、
OPCと現像ローラ/ハウジングの間の隙間を維持し、かつ、
トナー粒子がハウジングの外に散乱することをなくすもの、
を見出す必要がある。

理想の解決策を開発する





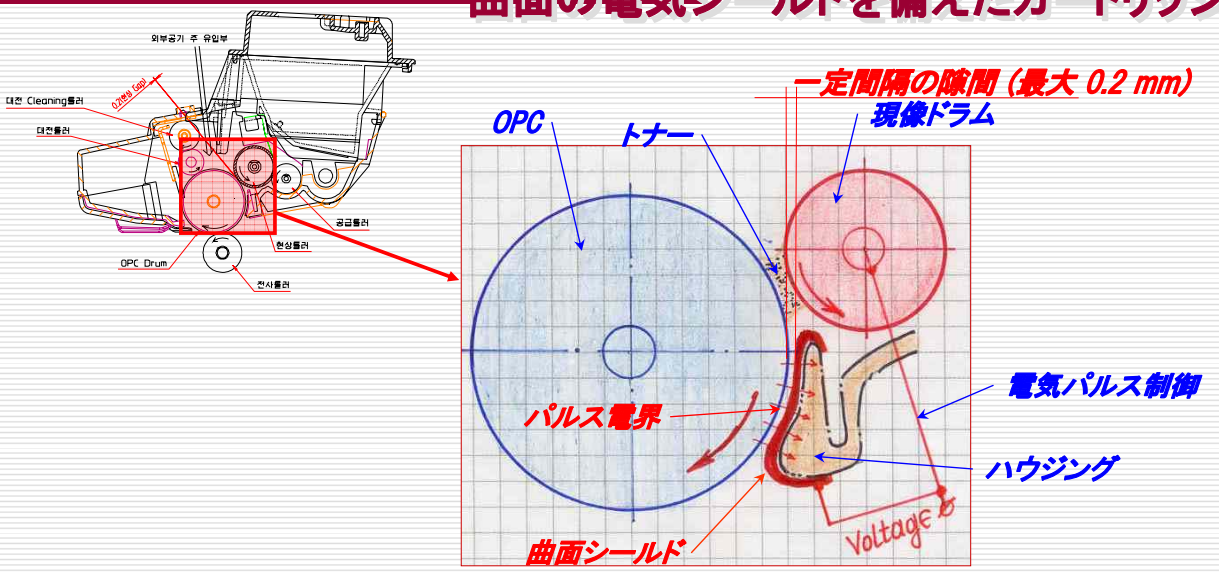
物理的矛盾:

オペレーティングゾーン（すなわち、OPCと現像ローラ/ハウジングとの間の隙間）において、
OPCとDRが（非接触で）回転するために、
（その回転で誘起される空気流だから）
空気流の力が存在するべきであり、かつ、
ハウジング外にトナー粒子が出る
のをなくすために、
空気流の力は存在するべきでない。

理想の解決策:

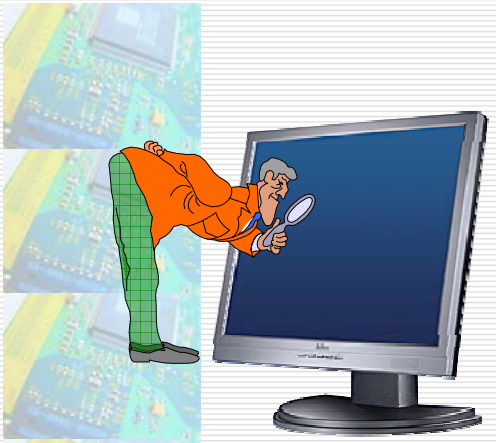
OPCとハウジングの間の隙間にある空間
（すなわち、オペレーティングゾーン）が
自分自身で、印刷プロセス中に、
誘起された空気流の力で
トナー粒子が散乱することをなくし、かつ、
必要な機能を実現するために、
誘起された空気流を保持する。

具体的な解決策を生成する:
曲面の電気シールドを備えたカートリッジ

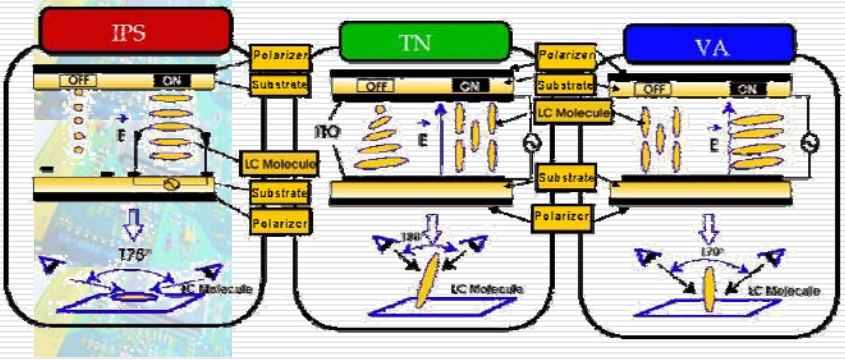


具体的解決策の例: 上記の物理的矛盾を解決するために、ハウジングの表面に曲面のシールド（遮蔽板）を備えることを提案した。このシールドは、トナーの散乱を防止する役割をし、現像ローラよりも下流に位置し、OPC上の光感性媒体から予め決められた距離を保つようにしてある。このシールドに与える電圧をコントロールし、トナーを光感性媒体に戻すようにしている。

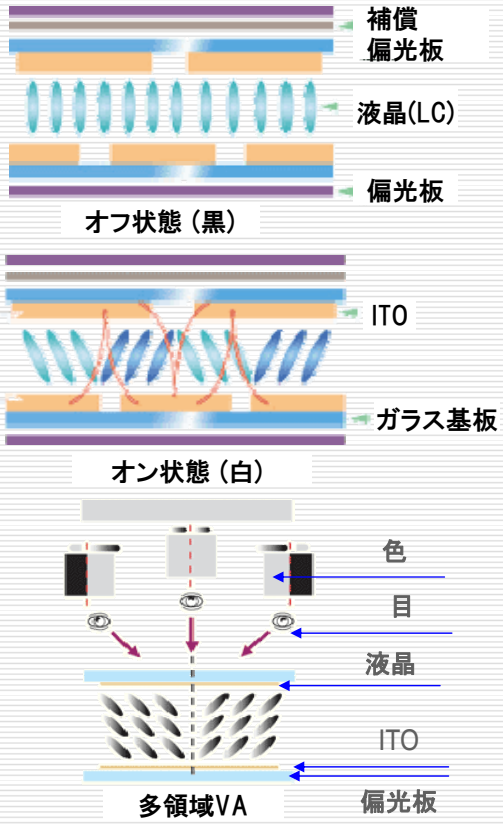
注: 米国特許申請 No.US2005/0053392A1; 公開日:2005年3月10日、発明者: Ki-jae Do 他、サムソン電子。



4.3.
より広い視野角をもつ LCDの開発



問題状況を探索する



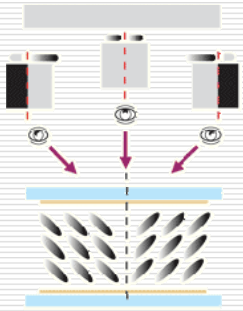
LCD PVA は、液晶ディスプレイで「パターン化垂直配向」のブランドである。電場なしのときには、(負の誘電異方性をもつ) 液晶材料は、ホメオトロピック配向をしており、その結果、交差偏光板のもとで完全な黒の状態が実現される。電場がかけられると、二つのパターン化 ITO電極の間に縞模様の電場が生じる。その結果、自然に生じる多領域構造によって、偏光補償フィルムを通して、広い視野角の特性が得られる。しかしながら、PVA法の視野角170度は、IPS（面内スイッチング）法の視野角175度に劣る。このため、表示画像総合品質が悪化する。

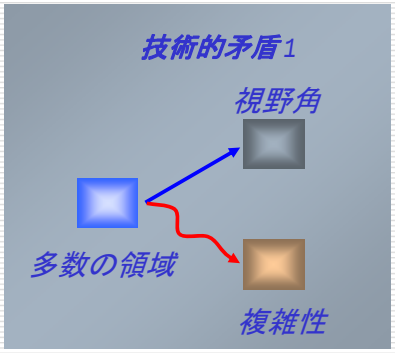
主たる問題:「パターン化垂直配向 (PVA) の液晶ディスプレイの視野角を、いかにして増大させ、それによって表示画像の品質を向上させるか?」

[なお、従来法で] この結果を得るには、横からの可視性を向上させるために、一つの領域 (ピクセル) を少なくとも二つのサブ領域 (サブピクセル) に分割し、それらに異なる電圧をかける必要があった。しかしながら、そのような分割はLCDの構造を極めて複雑にする [のでよくない]。

このプロジェクトの管理宣言文は:「ディスプレイの視野角を増大させる。ただし、LCDの初期設計とPVA法の動作原理を保持し、システムへの変更を最小限にすること。」

問題のモデルを定式化する





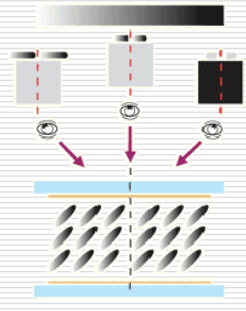
技術的矛盾 1: 多数のサブ領域があると
視野角は改良されるが、
LCD構造の複雑性が増大し、設計が悪化する。

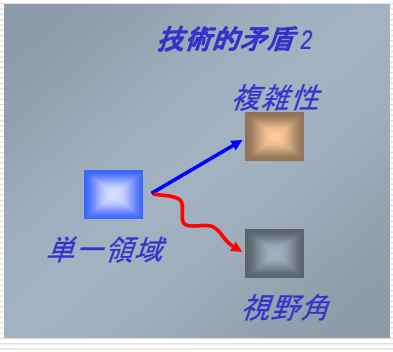
技術的矛盾 2: もし単一領域であると、
LCD構造の複雑性が減少し
(設計が改良される) けれども、
視野角が悪化する。

主たる機能: 拡大した視野角を提供すること
(すなわち、第一の図式)

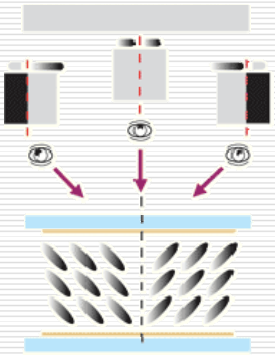
「プロダクト」: 領域からの明るい光束
「ツール」: 領域

この問題を解決するためには、われわれは何らかの**X-構成要素** (すなわち、システムへの変更) を見出し、それが
拡大した視野角をもつ、多領域構造を提供し、
かつ、LCD構造の複雑性を解消する
ようにしなければならない。

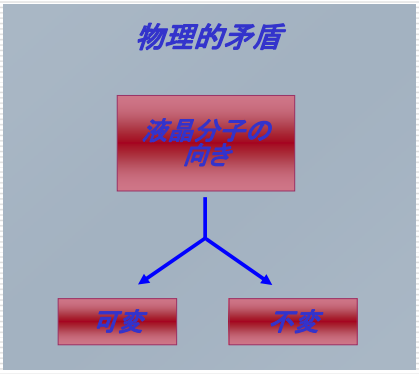




理想的解決策を開発する



多領域VA



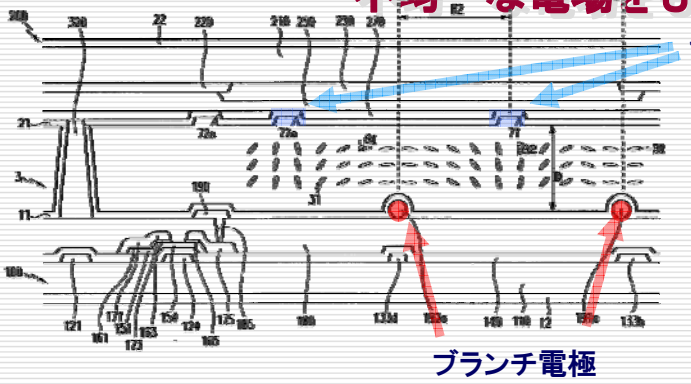
物理的矛盾:

二つの偏光板の間の領域である
「オペレーティングゾーン」において、
液晶の長円形の分子は、
拡大した視野角を提供するためには、
（領域の軸方向に対して）
可変な傾き角をもつように配置されるべきであり、
かつ、
同じ電圧だけを使い、単純なLCD構造にするためには、
液晶分子は
不変の傾き角を持つべきである。

理想の解決策:

偏光板間の領域の空間
（すなわち、オペレーティングゾーン）自身が、
光を変換するプロセスの時間帯
（すなわち、オペレーティングタイム）において、
液晶の分子を可変の傾き角を持つように配置し、
かつ、
単純なLCD構造を提供するために、
同じ電圧だけを使うようにする。

具体的な解決策を開発する:
不均一な電場をもったピクセル



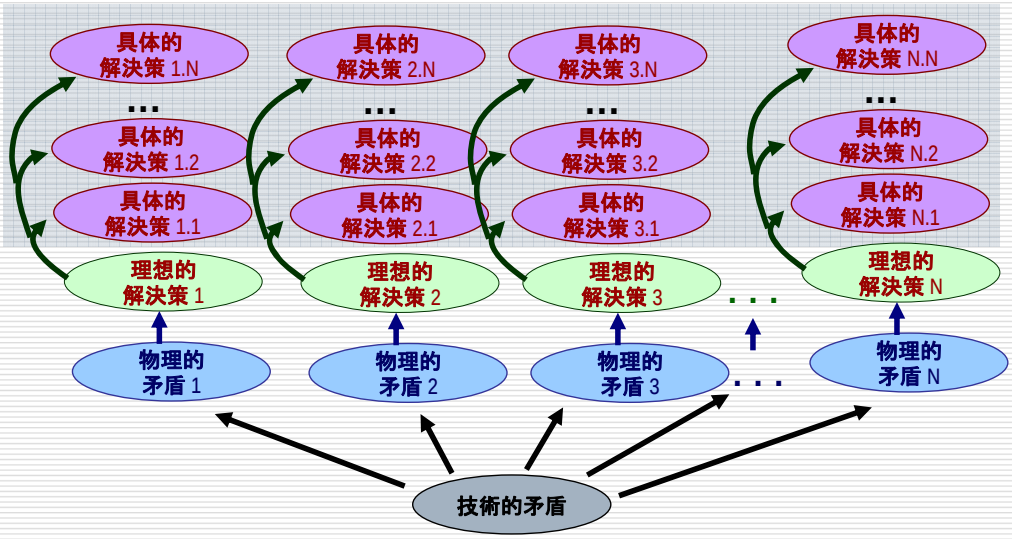
具体的な解決策の例: 上記の物理的矛盾を解決するものとして、LCDのピクセルの構造で、単一の電圧をかけるが不均一な電場を形成するものを提案した。図のようにブランチ電極を配置した結果、ブランチ電極からの距離に応じて電場が変化し、それに応じて液晶分子の傾き角が変わる。この傾きはブランチ電極に近い所で強く、遠いところで弱くなり、両側のブランチ電極から等距離にあるところ（これは切欠きがあるところでもある）で最も強い［弱い(?)］。この結果、一つの領域には、傾き角が連続的に変わる無限のサブ領域があると解釈できる。これらのサブ領域の光学的性質が横方向の可視性の改良に寄与する。ブランチ電極と切欠きの形や配置はいろいろに変えることができる。

注: 米国特許申請: No. US2006092116、公開日: 2006年 5月 4日、発明者: Um Y.-S.他、サムソン電子。

プロジェクトの成果のまとめ

	ロボット 真空掃除機	非接触式 プリンタ	LCDの 視野角の改良
プロジェクトの期間	5 ヶ月	3 ヶ月	3 ヶ月
TRIZで開発した解決策	30	25	18
特許申請総数	14	5	6
実製品への適用 (Industrial applications)	3	3	3

解決策の空間について



事例研究が示しているのは、一つの技術的矛盾を複数の異なる物理的矛盾に変換でき、物理的矛盾の各々をまた複数の物理的現象を使って解決でき、さまざまに異なる解決策を開発できることである。このようにして、多数の新しい解決策を提案した。
この状況は発明者にも、顧客にも望ましいことである。なぜなら、将来、より少ないコストでよりよい性能で製品を製造するための、複数の選択肢をもったからである。
また、顧客が有効な特許政策プログラムを実施することを可能にする。

まとめ

- 技術的問題の複雑さに応じて、問題解決プロセスの構造やさまざまなTRIZツールをさらに適用することが違ってくる。
  TRIZの用語でいうと、ここに提案したのは、つぎの3種の基本的なグループである:「標準的な問題」、「非標準的な問題」、そして「研究・開発的な問題」である。
- それぞれのTRIZツールの位置づけを、問題解決プロセスのロードマップ上に示した。
  これらすべてのツール（合計15種）とその問題解決プロセスでの適用法を提示した。
- ここに提供した問題解決のためのロードマップと統合アルゴリズムを使うことにより、当初の問題に対して解決策を開発していく知識が得られる。
  事例研究は、複数の解決策コンセプトを開発するマルチ-バージョン設計を示しており、その設計法は製造のために複数の選択肢を提供し、また強固な特許政策を提供する点で意義がある。

質疑応答