

協調工学について

福 田 収 一*
Shuichi FUKUDA

最近の社会の多様化，複雑化にともなってこれまでとは異なり知識，経験を異にする人達の間で知恵を結集して問題解決を図らなければならない場合が増大してきている。筆者は東大生研の客員助教授時代を含めて，製品開発を主体に協調活動とその支援技術について研究を行ってきた。最近，この関連の研究を協調工学の名前で呼んでいる。本文では製品開発において協調活動が必要とされるようになってきた背景を述べ，その解決を目指して生研時代から福田研究室で行っている研究を紹介する。

1. はじめに

最近の社会の多様化，複雑化にともなってこれまでとは異なり知識，経験を異にする人達の間で知恵を結集して問題解決を図らなければならない場合が増大してきている。筆者は東大生研の客員助教授時代を含めて，製品開発を主体に協調活動とその支援技術について研究を行ってきた。最近，この関連の研究を協調工学の名前で呼んでいる。本文では製品開発において協調活動が必要とされるようになってきた背景を述べ，その解決を目指して生研時代から福田研究室で行っている研究を紹介する。

2. なぜ製品開発で協調が重要となってきたか？

従来の製品開発では逐次的に工程処理が行われ，しかも各工程で作業は独立に進められていた (図1)。このような製品開発方式では，下流工程に進むほど組み合わせの数は増大し (図2)，また制約も厳しくなる (図3 (a))。これまではこうした多数の組み合わせの中から，しかも厳しい制約の下でいかに適切な解決策を見出すかが生産技術者の能力であると見なされてきた。

しかし，最近顧客要求が急激に多様化，複雑化してきたため，できるだけ上流で適切な意思決定をしなければ，下流工程で実際に対処できない状況が生じてきた。そこでできるだけ下流情報を上流で処理しようとする動きが活発化してきている。

情報は上流工程ほど概念的で，定性的となり，下流工程へ行くほど具体的，個別的，定量的となる (図2)。した

*東京都立科学技術大学
在任期間：平成元～3年度

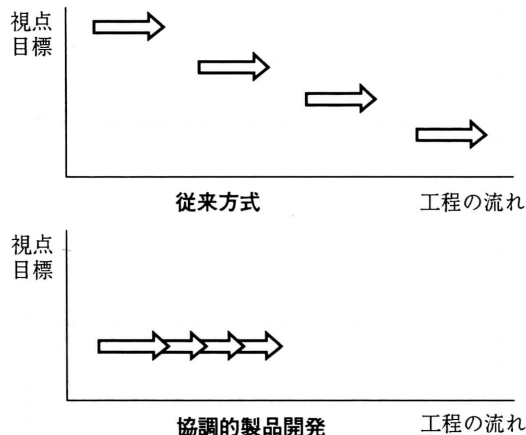


図1 従来方式と協調方式における工程

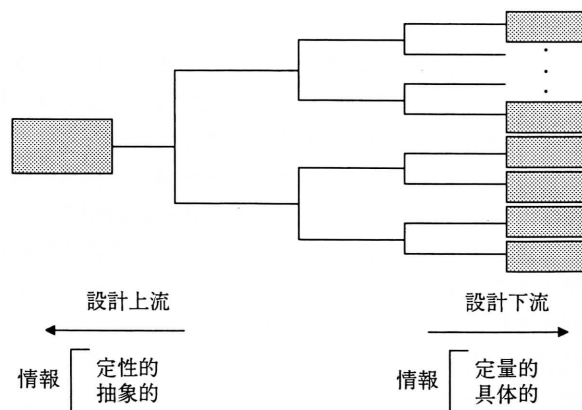
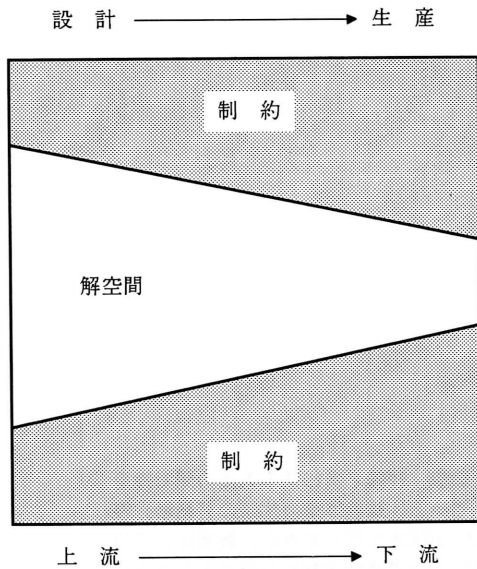
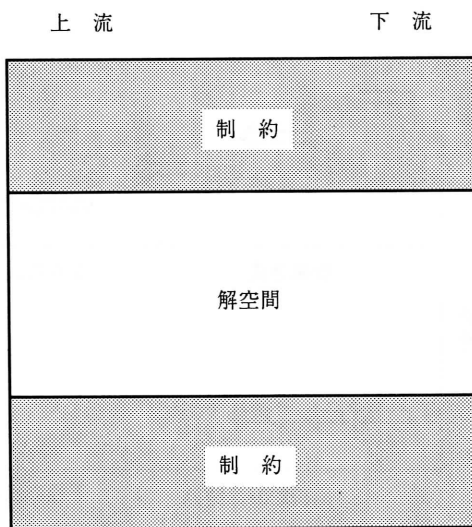


図2 製品開発における情報



(a) 従来方式



(b) 協調方式

図3 従来方式と協調方式における解空間と制約

がって、下流情報をこれまでの枠組みのまま単純に上流工程へと移すことはできない。さらに問題はこれまでは工程ごとに目標が独立に決定されていたことである。

製品開発、生産の全ライフサイクルを通して目標が単一化できれば、下流情報と上流情報を一体的に処理でき、上下流を通して制約が均一化され、各工程の技術者の負担も均等となると期待される(図3(b))。そのためには工程の異なる技術者間での協調が重要となる。

協調にも種々のレベルがある(図4)。一番低レベルの協調はいわば軍隊的にトップの命令を一方的に下へ流す「告知」である。それを支える体制、組織はピラミッド型

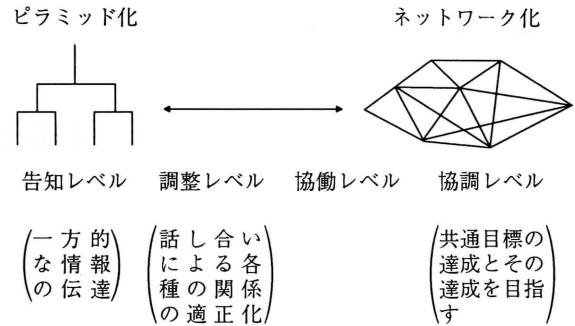


図4 各種の協調関係

である。組織の構成員間の調整等はすべてトップが行う。これに対して中間層等でお互いの間の関係を話し合い等により調整する、「告知」より少し進んだ「調整」と呼ばれる協調レベルがある。「調整」がさらに進むと、「協働」レベルになる。しかし「調整」にせよ、「協働」にせよ、目標は与えられており、目標を協調して設定するところまでは協調レベルは進んでいない。与えられた目標を協力して達成する活動も重要であるが、多様化、変化の激しい現代にあってはそれ以上に目標自体を衆知を結集して設定する活動が重要であり、この両方の活動を包含するレベルが真の「協調」である。

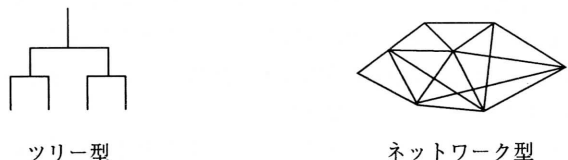
「協調」活動を実現する組織形態はネットワーク型となる。最近盛んな異業種交流は従来のピラミッド型の組織では新しい知恵や目標が生まれにくいことから、こうした真の「協調」により何かを創造しようとする活動の一つである。

これまでの製品開発は効率追及を基本とするピラミッド型であった。異なる技術者達が同じ土俵に立ち、協調して衆知を結集して製品開発に当たるためには組織、システムをネットワーク型へと変換する必要がある。

図5にピラミッド型組織とネットワーク型組織の特徴の比較を示す。一番重要な相違はピラミッド型では構成員が同質であるのに対して、ネットワーク型では異質であることである。ピラミッド型の会社では組織は階層的であり、業務、知識の分担は明確である。しかし、ネットワーク型では、まず相手がどのような知識、経験があるのかが分からないので、業務分担をする前に共通の土俵造りから始めなければならない。

ネットワーク化は従来のプロダクトアウト方式からマーケットイン方式への転換のためにも必要である。最近経済、経営分野で話題の「組織知能」、「組織知」も、組織が個々の構成員である人間の知恵の集合を超えた新しい知恵を生み出す点に注目した研究である。スケールが小さく頭脳の格納容量も十分に取れないマイクロロボットでも「群知能」が注目を集めている。

最近の製品開発では「協調」と「組織」に注目が集まっ



組織の比較

同質的 階層的 効率追及 固定的 半永久的 定量評価	構成員 構成員の関係 ねらい 組織の境界 組織の寿命 評価基準	異質的 同志的 変革の実現 柔軟 短期的 定性評価
-------------------------------------------	------------------------------------------------	------------------------------------------

(A I 白書 1991p. 101図表111-1-6コン
ピュータエージ社から少し修正して引用)

図5 ツリー型とネットワーク型

ている。日本人の中には協調活動や根回しは日本人のお得意で、欧米人にはマネはできないと自慢し、こうした話に耳を貸さない人も多い。しかし、それは間違っている。協調とは違った立場の人間を説得し、共通の目標を探し、その実現に向けて努力（根回し、妥協も含む）してゆくことである。日本人の場合きわめて狭い国のなかで皆が同じ体験をしている。このような同質の構成員では本当の協調活動を経験したことにはならない。

いわゆるプロジェクトチームも日本の場合、目的が明確な協働活動である。本当の協調活動では、目標、製品のコンセプトの決定が最も重要となる。異質な者をいかに説得し、お互いに共通の土俵を持つかが重要なのである。製品開発がますますグローバル化し、設計、生産等の拠点が色々な国に分散してゆくような状況の中で日本としても従来のように直接会って話をする、あるいは同種の経験を持つ人達を前提にしていたのでは今後の国際競争に負けてしまう。いかに日本が持っていたこれまでの技術を新しい視点から整理し、対応してゆくかが今後日本の製品開発において強く求められていると考える。

私達の研究室では、協調と組織の関係を実験的、シミュレーション的に追及している。福田、小西はライフアルゴリズムを開発した。これは基本的にはGAの応用であるが、GAが遺伝子を基礎にするのに対して遺伝子からなるゲノム、生命体に相当するエージェントを基礎にする。またエージェントごとに評価関数を場によって変化させることが可能であるためGAよりも多様性に富む。このため自律分散システムのシミュレーションに適している。位置が変化し、その挙動が予測できない複数の光源が与えられた場合のソーラーセル発電プラントモデルのオペレーションに適用し、実験的にもロバスタなシステムが構築できることを確認した。

3. 言語表現と非言語表現による協調支援

協調活動支援においてはそれぞれの国の社会、文化を考える必要がある。日本人は、お互いの中で「やり方」を調整しようとする。これに対して欧米系は「結果」で調整する。スポーツなどを見ても日本人は「形」、すなわち「やり方」を問題にするのに対して、欧米人は「結果」重視主義である。

コミュニケーションにおいても、欧米系は言葉表現を主体とするのに対し、日本人の場合は非言語表現が大きな役割を果たす。欧米ではマニュアルが発達しているが、その背景にはこうした文化がある。

これまでにエキスパートシステムの構築等において現場の知識をヒアリングで抽出して計算機に格納する試みが行われたが、とくに日本ではあまり成功しなかった。これは日本では生産技術等は「やり方」を通して技術を伝達することが多く、言語で表現することに慣れていないためではないかと想像される。

しかし、今後製品開発がグローバル化すれば、日本で蓄えられた経験、知識を欧米系の人達にも理解できるように言語化する必要がある。このような言語表現化の努力はISO 9000を始め最近の規格に見られる品質確保の過程の透明化、可視化への要求に対処する観点からも重要である。

筆者は協調的製品開発と従来の製品開発の相違を図6のように考えている。専門家と非専門家の相違は知識を表現する言葉を持つか否かであるとする、このような定義もできよう。製品開発は今後ますます非専門家中心となると考えられる。したがって非専門家、非言語表現を指向した研究は今後ますますその重要性が増すであろう。

福田、松浦はアメリカとVRネットワークを構築中である。VRは、非言語表現、インタラクティブ性の観点からきわめて興味ある技術である。非言語表現が知識、経験の伝達に大きな役割を果たす日本人には、協調活動支援技術としてきわめて重要である。アメリカとの交流により知識、経験伝達における文化的、社会的相違が明確になることを期待している。

これまでの音声認識は、音素を中心にした分析的研究が大部分であった。福田、松浦はより包括的、感性的方向を

製品開発	従 来	協 調 的
視 点	生 産 重 点	設 計 重 点
要 求 仕 様	明 確	明 確 化 が 必 要
中 心	専 門 家	非 専 門 家
伝 達 手 段	言 語、記 号 中 心	非 言 語 の 増 大
シ ス テ ム	ツ リ ー	ネ ッ ト ワ ー ク

図6 従来の製品開発と協調的製品開発

目指し、音声に含まれる感情を抽出する試みを行っている。これは、言葉の意味が分からない外国人であっても、その音声から感情が理解できる点に注目して開始した研究であり、現在怒りについては成功している。従来の研究ではS/Nにおける信号に注目したが、本研究は雑音部分に注目を向ける試みでもある。本研究は、信号の通信ではなく、意図、感情の通信を指向している。

音声ではなく、挙動を通しての意図教示の研究を福田、浅野は行っている。本研究は言葉を解しない犬も調教できる点に注目し、非言語表現による教示を指向している。

さらに現在の外国語教育は言語的コミュニケーションのみを考えているが、文化により非言語表現が異なる点に注目した研究を福田、キゲンは開始している。これは、今後計算機がマルチメディア化し、さらにネットワーク化が進めば非言語的コミュニケーションの機会が増大し、語学教育だけでは文化を越えた協調作業を行うのに不十分であるとの認識から出発している。

他に福田、桐林は顔画像から口の形状を抽出し、読唇を行い、母音の識別に成功している。このシステムでは、計算機を利用して音声へも変換できる。また福田、田上は擬音を利用して計算機内部のオブジェクトに属性を付与し、シミュレーションを行っている。これは子供の場合属性を記述する専門知識がなくても挙動の記述から内容を伝達している点に注目した研究である。非専門家でも容易に属性付与が可能となるシステム構築を目標としている。

4. プロダクト指向からプロセス指向へ

これまでの製品開発はプロダクト指向であった。すなわち製品の市場価値はすべて最終製品で判断された。しかし、現在は物的過剰の時代であり、単なる製品の供給で高い市場価値を持つことはきわめて困難となってきている。今後はますますこの傾向が増大するであろう。

したがって、これからはプロダクト指向からプロセス指向へと考え方を变える必要があると主張したい。従来のプロダクト指向では生産はいわばプロダクトを得るための必要悪であり、時間、労力を削減してコストダウンを目指した。

しかし、顧客に満足を与えることができれば、時間や労力を増大しても製品の価値は増大するであろう。また顧客自身を製品開発、生産のプロセスに関与させることができれば、プロセス自体に価値を付与できる。

実際、例えばTVゲームはプロセスを売っていると考えることができる。すなわち製品開発、生産のプロセスをコストの観点から考えるのではなく、パフォーマンスの観点から考える視点が今後重要と考えられる。

現在のCADと光造形装置があまりにもプロダクト指向である点に注目し、福田、鈴木(大介)はそのプロセス指

向化を進めている。具体的には現在光造形装置に使用されるCADは形状定義の厳密性を追及しすぎているために、初期設計で行う試行錯誤的な形状生成、イメージ創造に対応した形状生成に対応できない。

そこで、2次元のスライスした断面を基礎に、それらを組合せ、望むイメージを容易に計算機上に生成でき、修正もCGのモーフィング機能に相当する機能により容易に実行可能なCADシステムを開発した。

本CADでは、従来のCADは造形が困難な複雑な3次元形状も容易に生成でき、光造形を利用して高速に実体化できる。このシステムは製品開発のプロセスを広く非専門家に開放することに役立つ。

5. 大まか、目安を指向した研究の重要性

これまでの研究は、精度、速度を追及した研究が多い。しかし、多様化に対処して、製品開発の上流で適切な意思決定を行うためには、精度が高い個別的な研究よりも大まかに目安が得られ、適切な方針が決定できる研究が望まれる。

福田、鈴木(一朝)、原田らはフラクタル次元を利用した自然物と人工物の分離を試みている。大部分の場合人工物が整数次元を、また自然物が非整数次元を取ることに注目し両者を分離する。

画像処理では、季節により変動する森等の中にある道路や家の識別、あるいは非破壊検査における目視検査等に应用可能である。音についても人工音(機械)と自然音(音声)の分離に成功し、音声についても大まかな特徴付けが可能となってきた。

また福田、志村は同一面が同じ色相となる点に注目してGAを利用し概形状を抽出する方法を開発している。この方法は画像データベース等の検索に役立つと期待される。

6. おわりに

多様化に対処するには、個別的な高精度を指向した研究だけではなく、全体的に大まかな処理をする研究が重要となる。とくに今後は衆知を集めて問題解決を計らなければならない状況がますます増大するので、協調支援技術の開発が大きな課題であると考えている。本文では、製品開発を念頭にして福田研究室で行っている研究の一端を紹介した。東大生研の関心ある先生方と協調工学の共同研究を実施できればと願っている。(1995年3月28日受理)

参考文献

- 1) 福田, コンカレントエンジニアリング, 1993, 培風館
- 2) 日本機械学会編, 形態とデザイン, 1993, 培風館
- 3) 福田研究室研究業績