

## 感性情報処理のシミュレーションに関する基礎的研究

吉田宣章 桑原尚史 西本秀樹 堀井康史 山内 昭

Basic Research on the Simulation of "Sensibility Information Processing"

Nobuaki YOSHIDA, Takashi KUWABARA, Hideki NISHIMOTO,  
Yasushi HORII, and Akira YAMAUCHI

### Abstract

We have studied the information processing of human sensibility from various approaches. In an approach from information retrieval theory, we constructed a "sensibility information retrieval system" which extracts words expressing human feelings from a novel and analyzes the chronological structure of the novel. Novels are thus classified into those with increasing-sadness, those with happy-endings, etc. In an approach from psychology, we constructed a model which simulates the process of evoking emotion. Words expressing feelings are classified, and the influence of past experiences and the effects on future actions are investigated by experiments. In an approach from business management, we point out that the study of sensibility information has a good applicability in the decision making system of an organization because the feelings of its members are crucial in making decisions. In particular, we emphasize that a "good morale" among organizational members is essential in avoiding serious accidents. From a device approach, we study the signal processing of electrical data trains using a modulated laser diode, and propose a potential application to the microwave phase shifter with small variations in amplitude.

## I. 序

計算をする道具として始まったコンピュータは、近年の高速化、大容量化につれ、人工知能の研究にも応用されるようになった。そこでは、コンピュータを、人間が行う知的活動全般を代行する道具、または逆に、人間の知的活動の機構を解明する手段としている。知的活動といっても、従来は、与えられた情報から結果を推論することや、経験から学習することや、パターンから記号情報を抜き出すというようなことを主な研究対象としてきた。最近では、更に人間的な、例えば音楽を聞いて気が休まるとか、絵を見て懐かしく思うとかいうような「感性」を、コンピュータで扱う動きが進んでいる<sup>(13,38)</sup>。「感性情報処理」とは、記号や数字の情報でなく、人間の喜怒哀楽をコンピュータで扱おうとするものである。

本研究では、経営意思決定論、データベース、心理学、通信工学、情報科学、物理学といった異なる専門を持つ人間が集まり、さまざまな観点からこのテーマについて検討した。特に、小説等から、喜び、悲しみのような感情に関係する言葉を抜き出して、感動の変動を解析するシステムの開発に着手した。また、人間の感情は、ひとつの言葉を聞いても、各人の過去の経験によって、嬉しく思ったり、不快に感じたりする。このような、感情喚起の過程に於ける過去の経験の影響を研究した。また、感性の問題は、個人に完結するものでなく、例えば同じ景色を見ても、二人のとき、三人のときでは、感じ方が変わるものである。更に企業のような共同体に至っては、さまざまな立場にある多くの人の感情が絡んでいて、それが組織としての決定に影響を及ぼすこともある。一方、感性の解析をコンピュータによって具体化する際には、高速演算処理のためのハードウェアのデバイスや、感性シミュレーションに適した新しいアーキテクチャが必要となろう。本研究は、このような趣旨に沿って進められた。

第2節の情報検索論からのアプローチでは、感性を表す言葉に注目した。特に、小説等に於ける感情の動きを、客観的に研究するため、「感性情報検索システム」の構築を試みている。小説等から原典データベースを作り、喜怒哀楽を表す感性語を抽出する。特に、小説の発端から結末までの時間推移に注目したところが新しいところである。筋の発展のしかたによって、悲劇に代表される「哀度上昇型」、いわゆるハッピーエンドの「幸福完結型」、また、複雑な「喜怒交錯型」などと分類することを試みている。今後、システムが完成した時には、解析結果が出ることが期待される。

第3節の心理学からのアプローチでは、人が言葉を与えられたときに抱く感じについて、その感情喚起の過程を解明するモデルの構築を試みた。モデルでは、感情表現の語を喜怒哀楽よりも細かい種類に分類し、更に過去からの影響や未来への効果を扱う。研究のための1つの方法として、textにおける人物の感情喚起を被験者に評定させる手法を用いている。

第4節は経営学からのアプローチで、感情の問題は、個人で完結するものでなく、企業等の経営組織内でも問題となる。特に、モラルの向上や、適切な企業意思決定は、構成する人間の認知・識別・情緒・感情・意欲・創意等のいわゆる感性の、それに関わる行為のプロセスに

よって左右される。本研究では、特に従業員のモラル向上の視点より見て、QC活動、士気の伝播について論じている。更に、人事における組合せの重要さや、経営者のための意思決定支援のしくみについて、いくつかの企業を当たって調査し、分析している。

第5節はデバイス研究からのアプローチで、人間の感情の処理をコンピュータでシミュレーションする場合、超高速処理が必要になる。高速処理はアーキテクチャと、回路素子の動作速度で実現する。本研究では特に、電気信号を光信号で制御する、半導体プラズマの研究を主として行い、感情処理のための高速演算素子としての可能性を研究した。本研究では、電気信号ベースの従来のコンピュータ技術と、光信号処理技術を結び付ける技術として、半導体プラズマを用いたマイクロ波の光制御法を扱った。

感性情報検索システムが完成したときには、小説等の感情の動きを解析し、語の持つ感情の時間的影響も解析したい。更に、システムに、例えば登場人物の過去の経験等を組み込むことができれば、感情喚起課程モデルを記述することができるであろう。そのときには、被験者を使った実験と、コンピュータシミュレーションとを比較することも期待される。更には、個人の経験だけでなく、人と人の間の相互作用を導入すれば、企業の意思決定過程の研究への応用も考えられる。一方、コンピュータシミュレーションには、光電波融合デバイスを使った高速化、さらに感性解析に相応しい新ハードウェアの構築も必要となろう。

## Ⅱ. 情報検索論からのアプローチ

### 1. システム化のねらいと背景

感性表現や感情表現を機械的に扱うことは、それらのもつあいまいさや非順序的な性質から現在の心理学や知識工学でも難しい問題とされている。

しかしながら、我々の身近な題材から人間らしく豊かな感性・感情の変化を、音楽の旋律を楽しむように大まかな流れとして計量的に捉えることができれば、これらの題材をより知覚的に知ることができ、より親しみをもつことができるであろう。

本章では従来の情報検索技術を駆使し、小説や物語、エッセイ、インタビューなどの身近な題材から、感性や感情表現を抽出し、感情推移分析をおこなうために「感性情報検索システム」の設計・構築法を議論する。

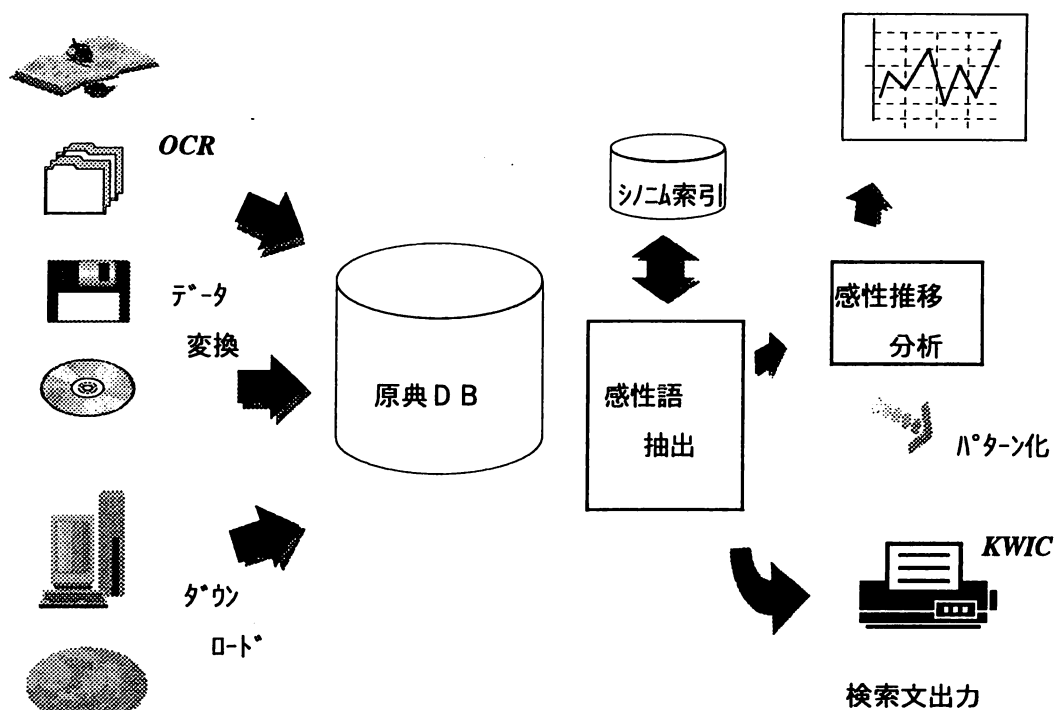


Fig.2-1 感性情報検索システム

これらテキスト・データを材料にした技法は画像データベースやマルチメディア・データベースに代表されるような図形・画像・音声などを対象とした検索理論やさまざまな応用分野の発展基盤となると考えている。

Fig.2-1に感性情報検索システムの概要図を示した。

具体的な開発はウィンドウ環境でおこなっている。(Fig.2-2)

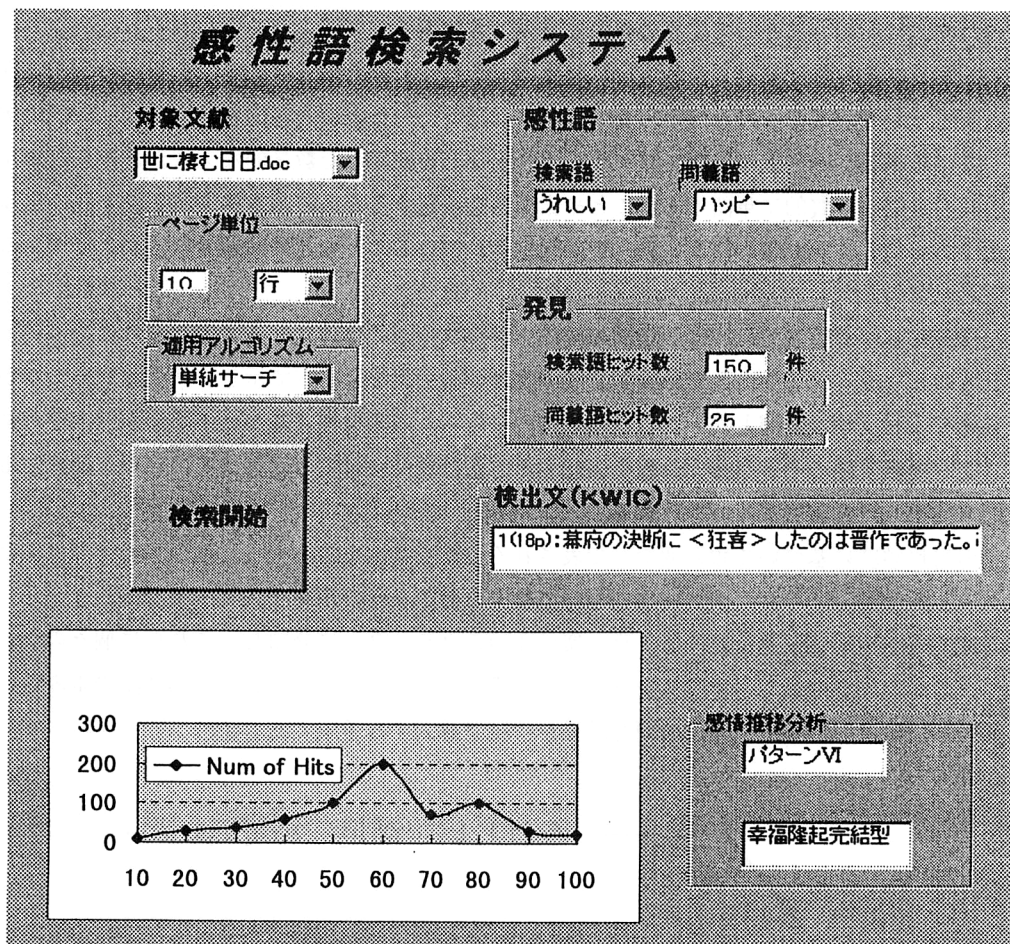


Fig.2-2 システム・スクリーン

## 2. 感性を表す語とシノニム処理

人間の感性表現や感情表現には常にあいまいさが伴うので、これらを単一の索引語を使って正確に表現することは難しい。感性や感情に関する概念の重要度やあいまいさの程度を表現するためには、概念とそれを表現する索引語との関係を多值的に捉える手段の開発が必要である。

そのための一つの方法として重みの概念と重み付き検索手法の導入があげられる。

多值的関係に重み付けを導入する場合は個々の概念と索引語との意味的距離や強さをどのように表現するかを決定しなければならない。単語、語幹、句などの内容的特質に基づく方式の例としては確率論、ベクトル空間、ファジー集合論などを使用した数量的な方法があげられるが索引語の単位が本質的に単語であることや索引語を決定するための基本的なデータが語の出現頻度であること、また索引語間に独立性が想定されていることなどの問題の解決が必要であると言われている<sup>(5)</sup>。

また構造に基づく手法では、索引語間の関係をグラフや形式論理によって表しそれに基づいて照合をおこなう。グラフ方式では検索質問や文中の索引語をノードで示し、索引語間のつながりを弧で表し、検索質問と文のグラフの構造内にみられる類似性に基づいて検索がおこなわれる。文や検索質問の内容を形式論理で表記する方法は質問に対する回答はその論理と関連する規則を使用した推論によって得られる。

語の出現頻度に基づいて類似度などで表されるような特性を共有する文献のグループはクラスターと呼ばれ、このクラスターに基づいて検索をおこなうのがクラスター法である。

本研究では感性・感情語を喜・怒・哀・楽の4つのクラスターに分類し、これらに個々のクラスターの中で階層関係を示す感性シソーラスを構成することにした。感性・感情語の重み付けに関する設定は心理学的分類法の研究結果を待って導入する予定である。

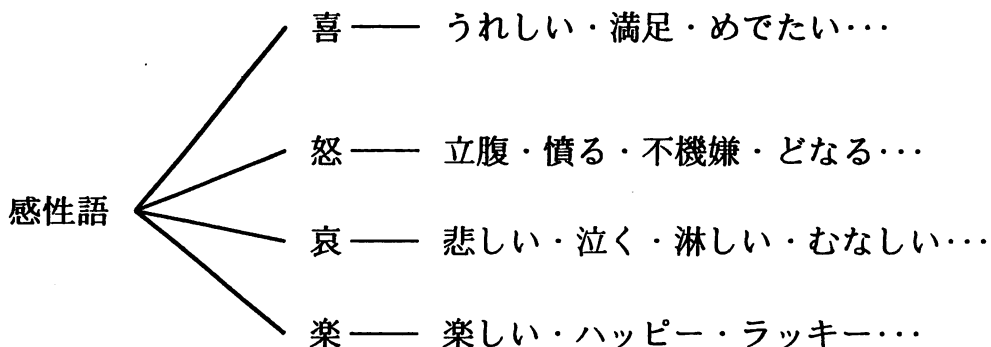


Fig.2-3 感性シソーラス (29)

### 3. 感性表現抽出サブシステム

題材となる原典データベースから選ばれたタイトルのテキスト・ファイルに対し、シノニム索引を参照しながら全文検索をおこなう。本システムではスクリーン上にKWIC索引を表示し引用文を観察できるようにしている。(Fig.2-4)

文中の語句と索引語の文法的語尾変化による揺れや構文的解析による配慮は必須であるが、さらに再現率 (recall) と精度 (precision) を高める工夫や重みを配慮した計量化に対処するためのチューニングやフィルタが必要になる。とくにシソーラス化された語の下部に位置するような概念から距離のある語では、たとえそれが機械的に原文と一致しても著者の意図する感性的概念とは異なることがあり、再現率は高いものの、精度が低下する。これを回避するためにシソーラスのレベルを限定して使用すると精度は高まるが再現率は低下してしまうというようなトレード・オフが存在する。

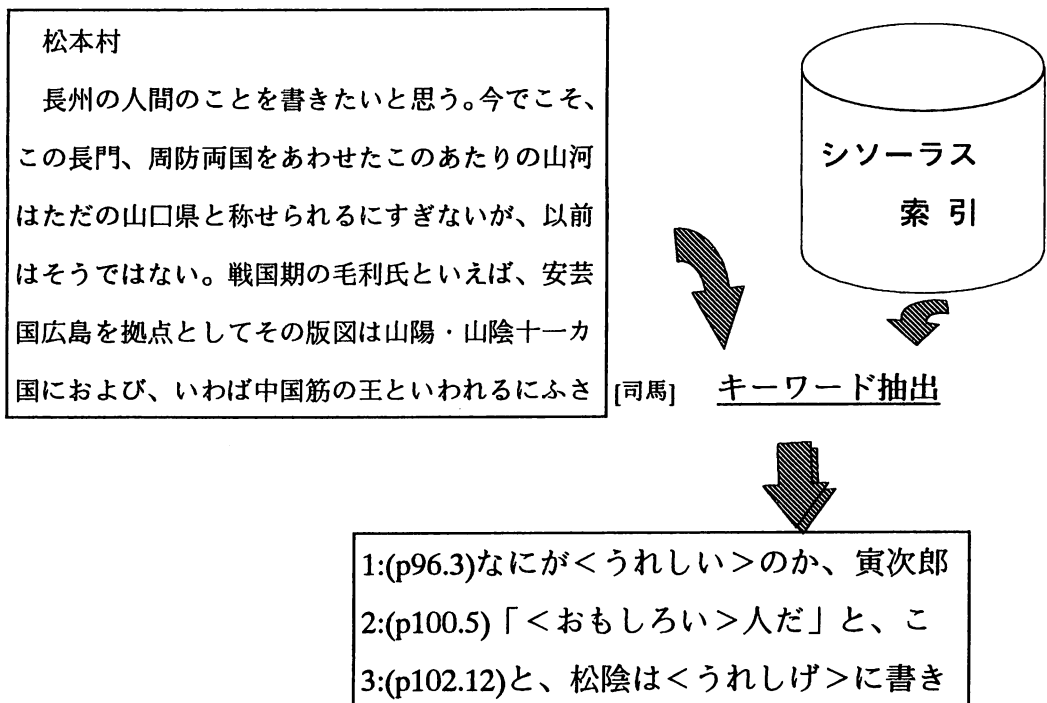
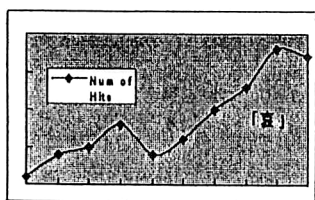


Fig.2-4 KWICの例

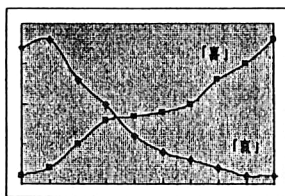
#### 4. 感性インジケータと感性曲線分析

一編の物語、一回のインタビューなど完結した題材の時間的な感情の変化をグラフ化することで全体の大まかなストーリーの流れや著者・主人公の感情の起伏を読みとることができる。これにより、主題やキーワードとは別の次元で対象とする題材の特性付けが可能になるであろう。本研究では、現在のところ感性語シノニムによる単純数え上げによる指標のみを与えているが、これだけでは十分とはいえない。とくに古典的な題材や文学的な題材は単に出現索引語を数えるだけでなく現れる語の重さや強さ自体に明確な時間的推移がみられ語の重みや強さも客観的な指標として反映させることが、より忠実に感性変化を知ることに繋がると考えている。

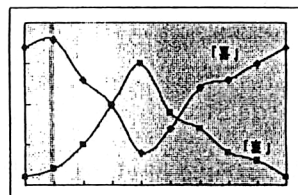
感性曲線の流れはいくつかのパターンに分類することができ、それらから感情の変化やストーリー展開を推定することもできる。「哀」と「喜」クラスターの場合の例をFig.2-5に示しておく。



哀度上昇型



幸福完結型



喜哀交錯型

Fig.2-5 感性曲線分析の例



### Ⅲ. 心理学からのアプローチ

#### 1 問題の所在

われわれは、環境からさまざまな刺激を抽出し、それを情報へと変換し、その情報を理解し、解釈し、それを知識として獲得していく。このような認知的情報処理と並行して、われわれの情報処理過程には、もうひとつ機能している処理がある。それは、情報を受けとめたことにより何らかの“感じ”を抱く過程である。

たとえば、われわれはある情報を受けとめることにより、“驚き”を感じたり、その情報に“興味”という“感じ”を抱いたりする。そして、その情報を解釈するなかで“喜び”であるとか“幸せ”という“感じ”を抱いたり、“怒り”であるとか“悲しみ”という“感じ”を抱いたりする。また、他者との関わりの中で、他者の行為を情報として解釈するなかで、その他者に“尊敬”あるいは“感謝”という“感じ”を抱いたり、ときには“軽蔑”であるとか“嫌悪”といった“感じ”を覚える。

このような感情なり、情感を表す言葉はひじょうに多い。中村（1979）<sup>(28)</sup>は、感情に関わる語句を2300余り収集し、それを喜び、怒り、哀しみ、怖い、恥、好き、厭、昂り、安らぎ、驚きの10に分類整理している。これによれば喜びに関わる語句についてだけでも200近い語句がある。この感情に関わる語句の多さは、われわれの感情にはきわめて多くの種類があり、それが重要な役割を果たしている一端を示すものである。

このような“ものの感じ方”を心理学においては、情緒・情動（emotion）、感情（feeling）、気分（mood）、情操（sentiment）といった言葉で呼んできた。その区別は、一般的に、急激に生じ、比較的激しい一過性のものを情緒あるいは情動とし、情緒に比べて穏やかで比較的永続的なものを感情とし、持続的な感情を気分（mood）とよび、精神的刺激に対する複合的な感情を情操（sentiment）としてきた（浜、1981）<sup>(8)</sup>。しかし、浜も指摘するように、この区別は曖昧で、かつ便宜的なものであり、これまでこれらの用語は混同されて用いられてきた経緯がある。たとえば、喚起の持続性についても、どこまでが比較的永続的でどこまでが持続的でどこまでが一過性なのかを明確に区別できず、喚起の強度についてもどの程度が激しくどの程度が穏やかなのかを区切ることはできない。したがって、現在のところ、これらを明確に定義して、区別することはむづかしい。そこで、本研究においては、これらを、すなわちものの感じ方を感情（affect）と総称する。

感情の問題は、行動科学にとって重要な問題の1つである。なぜならば、感情は人に目標を与え（goal-oriented）、行動を起こさせ（energize）、またその行動を促進（facilitate）したり抑制（inhibit）したり、あるいは混乱させ（disorganize）たりするからである。故に、人の行動の説明は、感情の理解なくしてできないといっても過言ではない。ところがこの重要性を鑑みると、感情に対して現在得られている知見はあまりにも少ないと言わざるをえない。

## 2 感情を研究する際の方法論的問題

感情の問題は、次の3つに分けることができる。第1は、いかなる文脈あるいは状況においていかなる感情が喚起するのかという感情喚起の問題である。第2は感情にはいかなる種類の感情があるのか、またそれはいかなる形で表出されるのかという感情の種類およびその表出の問題である。第3は、感情によって認知および行動がいかなる影響を受けるのかという影響の問題である。

これまで、このうち、第2の感情の種類およびその表出に関する問題については、因子分析あるいは多次元尺度構成法等の多変量解析の手法を用いて感情の種類が検討され（e.g. Yoshida, Kinase, Kurokawa & Yashiro, 1970）<sup>(46)</sup>、表出に関しても表情（e.g. Schlosberg, 1941）<sup>(35)</sup>をはじめとして多くの研究がなされ（e.g. Izard, 1971）<sup>(15)</sup>、感情にはいくつかの次元があることが見いだされてきた。また、第3の感情の影響の問題についてみると、まず、行動に対する影響に関しては恐怖、不安といった感情を中心に実験的検討がなされてきた（e.g. Mandler, 1975）<sup>(25)</sup>。また、認知に関しては、Heider（1946）<sup>(9)</sup>、Newcomb（1953）<sup>(30)</sup>、そして Festinger（1957）<sup>(7)</sup>によって認知的斉合性（cognitive consistency）の観点から感情が認知に及ぼす影響についての理論的枠組みが提出されてきた。

ところが、第1の感情喚起の問題に関しての研究は少ない。これまで Arnold（1960）<sup>(3)</sup>、Lazarus（1966）<sup>(21)</sup>、Mandler（1982）<sup>(26)</sup>らによって感情喚起過程を説明しようとする理論的枠組が提出されたが、これらに、実験的検討を加えて感情喚起過程を体系的に説明するモデルを構築していくという試みはなされていない。恐怖、不安、怒り、羞恥などの単一の感情の喚起を対象とした研究はみられるものの、その対象となる感情は限られており、統合的に感情喚起過程を捉えるような研究へと発展するまでには至っていない。また、Weiner（1986）<sup>(42)</sup>のように複数の感情を測定しても、それは状況がたとえば達成場面というように限られている。しかしながら、感情というものを理解するうえにおいては、それぞれの感情がいかなる状況で喚起し、あるいはその喚起の程度はどのように決定されるのか、さらにはどのような文脈においてある感情が別の感情へと変化するのかといったことを明らかにしていく必要があろう。そのためには、様々な文脈の中で多くの感情の喚起を実験的に検討し、種々の感情の規定要因を明らかにしていく研究、言い換えれば感情喚起過程に対して統合的にアプローチする実験的研究が望まれる。

それでは、ここで、なぜ感情喚起過程を統合的に捉えた実験的研究が行なわれないのかを考えてみると、それは方法論的な問題によるところが大きいと思われる。その方法論的問題は、次の2つにまとめることができる。

第1の方法論的問題は、実験変数の操作が困難であることである。感情喚起の問題、すなわちいかなる文脈でいかなる感情が喚起するのかを検討するためには、社会的文脈を構成する要因を操作し、それに伴う感情喚起の変化を測定し、どのような要因がある特定の感情の喚起を

規定するのかを明らかにしていくことが必要となる。ところが、感情喚起を規定すると思われる複数の社会的文脈を実験的に操作するには、多くの困難を伴う。たとえば、不安という感情は、刺激が過剰となったとき（primary overstimulation）、認知的な斉合性が失われたとき（cognitive incongruity）、喚起された覚醒状態に対する対処反応がない場合（response unavailability）に喚起するという指摘（Epstein, 1972）<sup>(6)</sup>があるが、実際にこれらの要因を同時に実験場面において操作することはひじょうにむづかしい。たとえ、それが操作できたとしても、倫理的な観点からみれば問題が生じることも多い。それと共に、操作の妥当性の問題として、個人のもっている認知あるいは帰属スタイル、能力、価値などの個人差も考慮に入れておかなければならない。これらのことから、実験場面において感情を規定する複数の要因を同時に操作することはひじょうにむづかしいとみなさざるをえない。

第2の方法論的問題は、測定に関する問題である。これまで、感情の喚起を測定するには、GSR（Galvanic Skin Response）に代表される生理的指標、表情などの表出、また内観などによる言語的報告、評定法などが用いられてきた。ところが、これらの指標を用いて、複数の感情を同時に測定することは不可能である。なぜならば、GSR等の生理的指標に関しては、その喚起の程度を指摘することはできるが、それがいかなる感情なのかという指摘はできない。また、言語的報告あるいは評定法にしても、ある場面において複数の感情を測定を同時に行なうには問題がある。なぜならば、感情には持続的ではなくたとえば驚きのように瞬間的な感情もあり、このような感情を複数、同時に報告あるいは評定させるにはその範囲に限界がある。

これらのことから、感情喚起過程を統合的に捉え、それに対して実験的検討を加えていくためには、上で指摘した要因操作の問題、そしてそれに伴う倫理上の問題、個人差の問題、そして測定方法の限界といった方法論的問題を解決しなければならないといえる。

### 3 1つの方法論的な試み

これらの問題を解決するための1つの方法論的な試みとして、桑原（1990）<sup>(16)</sup>は、次のような方法を提出している。その方法とは、textを用い、その内容によって社会的文脈（social context）の操作を行ない、このtextを被験者呈示し、textにおける人物の感情喚起の程度を評定させるという投影法の手法を導入した方法である。

この手法を用いることによって次の利点が得られる。それは、1つには、文脈を自由に想定することができ、要因操作が容易となること、次には、倫理的な問題が解決すること、そして、任意の時点において測定が繰り返し可能であることより、複数の感情を測定することができる。また、個人差の問題は、textの内容あるいはその操作に個人差が生じないように留意し、さらに一般的な他者についての感情についての評定を求めることによって最小限におさえることができるのではないかと考える。しかし、被験者がどの程度そのtextの文脈を理解

し、そのtext内の人物の感情を推測できるか、他者の感情として判断できたか、さらには評定と実際に喚起される感情との対応性が問題点として指摘される。しかしながら、上で指摘したような方法論的な問題を乗り越え、感情喚起過程の全体的な枠組みを把握し、仮説的なモデルを構築するにはひとつの有効な方法と思われる。

さて、これまで感情喚起過程を説明しようとした理論的枠組みとして、Arnold (1960) , Lazarus (1966)、Mandler (1982)、Weiner (1986) をあげることができる。これらの理論に共通することは感情喚起に対して認知の働きを重要視していることである。たとえば、ArnoldとLazarusは、知覚および評価 (appraisal) によって感情が喚起されるとし、Mandlerは情報とスキーマ (schema) との不一致 (incongruity) が感情を喚起させ、その不一致の程度が大きくなると感情の喚起は強くなると述べている。また、Weinerは結果の原因帰属 (causal attribution) によって感情の質が決定されることを達成場面を用いて実験的に検討している。しかし、それぞれ認知を取り扱っているが、その段階および内容に少しずれが認められる。たとえば、ArnoldとLazarus が取り扱っているのは、基本的にはその認知した対象なり結果がpositiveであるかnegativeであるかという評価であり、Mandler が対象とした認知は、その結果がどの程度予測でき、有している期待なり価値とどの程度適合するかという認知的な解釈である。また、Weinerが対象としたのは結果の原因帰属あるいは因果的推論である。このようにこれらの研究は、感情喚起に機能する認知の働きを重視しながらも、異なる認知プロセスおよび異なる認知内容について言及しているのである。これらのことから、感情は何らかの認知によって喚起され、その認知的な判断あるいは解釈によって喚起される感情が異なる、言い換えれば感情の質あるいは種類が決定されるというのが、感情の喚起に関して得られている統一の見解とみなすことができよう。

そうであるならば、認知過程という一連の連鎖の中で、それぞれの段階において感情が喚起しているのか、またその認知的な解釈あるいは判断の結果の違いによって感情の喚起はいかに異なるのかを検討していくことにより、感情喚起過程の全体的な輪郭を映し出すことが可能となり、さらにはそれが感情喚起過程モデルを構築していくことにつながると予想される。

#### 4 認知過程と感情喚起

桑原はその一連の研究において、予測→結果の認知→帰属という一連の認知過程を想定し、先に提出したtextによる場面想定を用いた方法によって、それぞれの認知段階における解釈あるいは判断の結果を実験的に操作しながら、それぞれの認知段階においてどのような感情が喚起するのか、そしてその認知処理の結果によって喚起される感情はどのように異なるのかを、驚き、恐怖、不安、怒り、悲しみ、興味、楽しみ、喜びという8種類の感情をとりあげ検討している。

その結果、まず、予測段階においては、positiveな予測がなされたときには、興味、喜び、

楽しみ、不安という感情が、それに対して**negative**な予測がなされたときには、不安、興味、悲しみ、恐怖、怒りという感情がそれぞれ喚起されること、そして、結果の認知の段階においては、**positive**な結果が生じた場合には、喜び、楽しみ、興味という感情が、それに対して**negative**な結果が生じた場合には、悲しみ、怒り、不安、興味という感情がそれぞれ喚起されることをみいだしている（桑原、1990）。

また、桑原（1991a）<sup>(17)</sup>は、この予測の段階と結果の評価の段階という2つの認知の連鎖に注目し、ある現象が起きたとき、その現象の生起を予測していた場合と、予測していなかった場合とでは、感情の喚起がいかに異なるかについて検討を加えている。その結果、**positive**な事態が生じたとき、その生起を予測しておらず、**negative**な事態が生起するという予測をしていた場合には喜び、楽しみ、興味、驚きという感情が喚起されるが、その生起を予測していた場合には驚きという感情は喚起されず、喜び、楽しみ、興味という感情は同様に喚起されるが予測していなかった場合と比較してその喚起は弱くなること、また、**negative**な事態が生じたとき、その生起を予測しておらず、**positive**な事態が生起するという予測をしていた場合には、悲しみ、興味、怒り、不安、驚きという感情が喚起されるが、その現象の生起を予測していた場合には興味、驚きという感情は喚起されず、悲しみ、怒り、不安、という感情は同様に喚起されるものの、予測していなかった場合と比較してその喚起は弱いことをみだし、たとえ同一の現象が生じたとしても、その生起をどのように予測していたかによって、喚起される感情の種類およびその程度が異なることを示している。

また、この予測に関しては、その予測がどの程度確信をもってなされたかという予測の確信性が感情の喚起に影響を及ぼすことが示されている（桑原、1993b<sup>(19)</sup>, 1994<sup>(20)</sup>）。たとえば、桑原（1993b）予測状況においては、**positive**な予測が確信をもってなされた場合には、喜び、楽しみ、興味という感情が強く喚起され、その予測の確信性が低くなった場合は喜び、楽しみという感情より興味という感情が強く喚起されること、**negative**な予測がなされた場合には、予測の確信性に関係なく悲しみ、不安、興味、怒り、恐怖という感情が喚起されることをみだしている。また、予測が不可能な場合には、興味および不安という感情が強く喚起されることをみだしている。

また、桑原（1994）は、予測が不可能な状態から**positive**な現象が生じた場合は、喜びという感情がきわめて強く喚起され、これに加えて楽しみ、驚き、興味、不安という感情が喚起されること、**positive**な予測を行ない予測どおり**positive**な現象が生じた場合には、その予測の確信性に関わらず、喜び、楽しみ、興味という感情が強く喚起されること、また、**negative**な予測を行っていたが、予測に反して**positive**な現象が生じた場合には、喜び、楽しみ、驚き、興味という感情が強く喚起されるが、その予測の確信性が低かった場合には確信性が高かった場合よりも楽しみの喚起が弱まること、さらに、予測が不可能な状態から**negative**な現象が生じた場合には、悲しみ、興味、不安、怒り、驚き、恐怖という感情が喚起されること、**positive**な予測をしており、予測に反して**negative**な現象が生じた場合には、悲しみという感

情が強く喚起され、それと同時に、不安、怒り、驚きという感情も喚起されること、そして negative な予測をし予測どおり negative な現象が生じた場合には、悲しみ、怒り、不安、恐怖、興味という感情が喚起されることをみいだしている。

そして、桑原 (1993a)<sup>(18)</sup> は、原因帰属という認知と感情喚起との関連性を取り上げている。これまで、原因帰属が感情喚起に及ぼす効果について言及した研究は多い。代表的なものをあげれば、生理的喚起に対するラベリングを扱った Schacter & Singer (1962)<sup>(34)</sup> の研究、また、不安、不眠と帰属との関係を検討した Storms & Nisbett (1970)<sup>(39)</sup> および Storms & McCaul (1976)<sup>(38)</sup> の研究、対人不安が帰属によって変化することを明らかにした Brodt & Zimbardo (1981)<sup>(4)</sup> の研究、学習性無力感 (learned helplessness) や抑鬱感および絶望感 (helplessness) と帰属との関係を検討した Abramson, Seligman, & Teasdale (1978)<sup>(2)</sup>、Abramson, Metalsky, & Alloy (1988)<sup>(1)</sup> の研究、そして達成的文脈の中で帰属と感情との関係を検討した Weiner, Russel, & Lerman (1978)<sup>(44)</sup> をあげることができる。これらの研究は、いずれも原因帰属の方向性が感情喚起を規定する重要な要因であることを指摘している。桑原 (1993a) は、Weiner, Frieze, Kukla, Reed, Rest, & Rosenbaum (1971)<sup>(43)</sup> の原因の所在 (locus) と原因の安定性 (stability) という 2 つの次元からの分類を用いて、ある現象が起きたとき、その現象が生じた原因を何に帰属するかによって、感情の喚起がいかに異なるかを検討した。その結果、原因帰属の方向性は、恐怖という感情を除いて、それぞれの感情の喚起に影響を及ぼすことを確認している。

以上の結果より、生起すると思われる現象の望ましさに対する判断、予測と実際に生じた現象との一致性、生じた現象に対する望ましさの判断、生じた現象に対する原因帰属といった認知的要因が感情喚起に重大な影響を及ぼすことがわかる。なかでも生じた現象あるいは生起すると思われる現象に対する望ましさに対する判断が、喚起される感情を強く規定することがみいだされている。したがって、感情喚起の過程を明らかにするためには、この望ましさの判断あるいは評価がいかに行われるのかを明らかにすることが今後の重要な課題といえよう。

## Ⅳ. 経営情報論からのアプローチ

### 1. はじめに ——「企業経営と感性情報処理」研究の問題意識——

今日、感性情報処理への関心は高まり、学際的に多くの研究がなされている。情報工学、心理学、認知科学、人工知能等の分野からの成果が陸続と報告され、概念の整理や基礎理論の確立、工学的ツールの開発等、目覚ましいものがある(1)。ただし実際の社会生活に即した応用では事例は少なく、今後に期待せざるをえない状況である。商品のデザイン開発など一部に前進は見られるが、ここで問題にしたい企業経営の場での系統的な応用へのアプローチは未だしの状況であり、経営学の側からの発言もほとんどないのが実情である。

しかるに企業等の組織体は当然のことながら人間集団の存在を大前提にしている。そのような中で、良好な企業活動を保証するのに重要な役割を果たす良いコミュニケーション関係の維持、モラルの向上、適切な決定などの事柄は、人間の認知・識別・情緒・感情・意欲・創意等のいわゆる感性の、それに関わる行為のプロセスの如何によって結果が左右される。

つまり企業では、日常的に、感性の諸過程とともに活動が行われている訳であり、しかもビジネスというのは現代社会の多くを担う基本的な営為である。感性の膨大なプロセスが毎日発生しかつ消えていく。それらの一部は、論理的な情報に転化して蓄積され、またさらにその一部は企業経営の実体を捉えるために情報システムの中で系統的に使用される。

このように考えるとき、何らかの形で感性情報をより直接的に処理しようとする感性情報処理の進歩が、企業での多様な人間活動の解明に大きな影響を及ぼすことは明らかである。それは企業の情報システムの構築思想を変化させ、引いては企業経営そのものを改善できる可能性を秘めている。また、逆に、企業の中の日常的活動そのものは感性情報処理研究の有用な研究対象となる。日々動き、活発に展開する多くの新鮮な材料を抛っておく手はない。従業員の個々、グループ、各部門および組織全体の、様々なレベルでの活動(論理的および感性的)の本質が明らかにされるべきである。

企業等の経営組織は感性情報処理の好個の研究対象ということができよう。しかし、上述したように、実際は未着手に等しいような現実である。そこでここでは導入として、「企業経営と感性情報処理」研究の対象になりうるいくつかの事象を挙げ、解決を要する問題の具体的な提示を試みたい。本考察が今後の研究方向に対する一助となれば幸いである。

---

(1) 感性情報処理の現状を俯瞰するには次の論文を参考にするとよい。

井口征士「感性情報処理が目指すもの」情報処理, Vol.35, No.9, 1994, pp.792~798<sup>(14)</sup>。

## 2. 企業における人間行動の諸問題からの事例

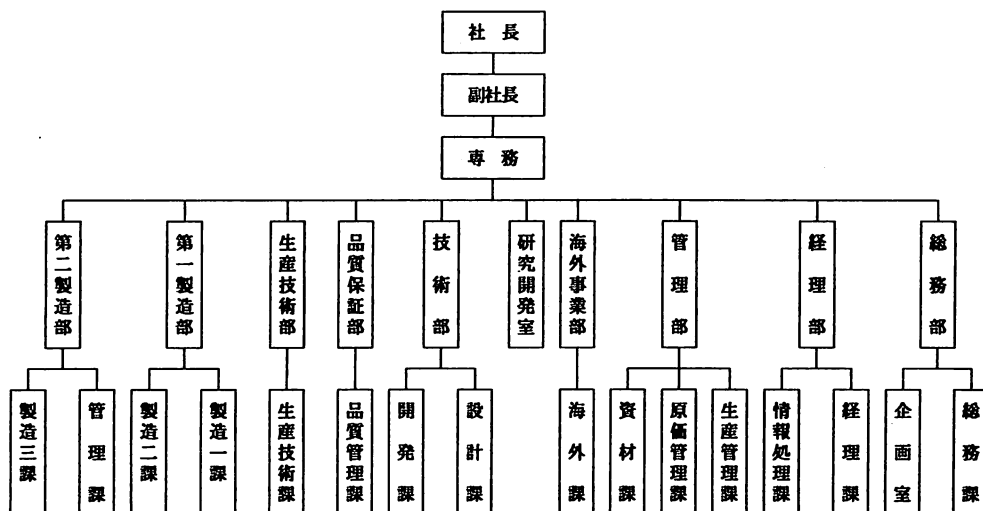
### 2. 1 従業員のモラル向上の視点より

QC活動および士気の伝播という二例を挙げたい。個別の議論に入る前に、前提とする組織のことをまず確認しておく必要がある。経営組織の構成パターンには、①ピラミッド型、②ネットワーク型、③プロジェクト型、④マトリックス型などの種類がある。①は伝統的な組織で、経営者を中心に求心力がつよく働く点を反映している。一般にこれは、他のタイプに対し、それらを載せる基盤のような役割を同時に持つ。例えばフラットな構造を特徴とする②の組織も、集権的な①を基底にその上に展開する機能結合の網状と考えるのが実情に合っている。ここではスペースの関係もあり、①のピラミッド型組織を典型として示し、そのような経営組織にどんな問題が生ずるか、従業員のモラル（士気）向上の観点から検討する。

考察のために仮に想定するサンプル企業F社の、要約された組織図を示す（Fig.4-1）。同社は官公庁や各種事業所向けの最終製品を主に製造する生産会社である。簡単化のために販売部門を別会社にし、ここでは製造部門のみからなるものとする。従業員数は約300名である。

F社では上級のトップマネジメントである社長・副社長・専務取締役の統括の下、総務部、管理部、製造部……等々の各部門が組織として木構造状に設置されている。部長には重役を兼ねている者も居る。特記事項として、同社の専務取締役は生産技術と品質管理のエキスパートであり、特に無事故操業と不良率の改善、および新しい製造方式の開発・導入に熱心である。これらにはほとんど自身の直轄と思われるほど限なく目を行き届かせている、とする。

Fig.4-1 F社の組織



【注：営業部門は別会社として図より除いてある。】



### (1) QC活動

F社における品質保証機能は品質管理課を中心に行われるが、そこにはQCサークルの事務局も置かれ、品質管理の提案制度も推進されている。今や日本的経営の一つの姿とも言われるQCサークルであるが、本来の改善・改良等の中身の効用だけでなく、職場単位の小集団のグループによる討議・提案の過程から経営への参加意識が高まるなど従業員のモラル向上に効果をもたらすものと言われ、この会社も大いにその実を上げている。

QCサークル活動の結果、優秀な工夫・提案には年に一度の全社大会で表彰するなど褒賞制度で応えるが、これが名誉として従業員の働き甲斐、意欲を高めることになる。若い人程その傾向があり、また、表彰される本人だけでなく、周囲も刺激されて良い影響を受ける。

このような事実を受けて、次の如き疑問は直ぐに思い浮かぶであろう。すなわち個人・小集団・部門・組織全体にわたるこの効果の情報伝達過程はどのようなものか、良循環の形成メカニズムと推移モデルは陽に示しうるか、あるいはここで問題とする“情報”の性質は如何……など。もちろん、心理学などで既に解決済みの事柄もあるであろうが、この場で問題となる事象の持つキーワードとして例えば創意、意欲、感動等の感性に関わるものが多いのは事実である。感性情報の面からの解析が期待される事柄と考えられる。

### (2) 士気の伝播

工場の稼働では微小な事故というのが馬鹿にならない。これは例えば段取りで原材料を扱っていて、僅かに金属で皮膚を擦ったというような、統計には数えないきわめて微細な事故のことである。F社は、6～7年の長期にわたって無事故操業を続け、安全管理活動で表彰を受けている程である。しかし、微小事故が多くなると今度は労災にかかる歴然とした事故の発生確率が高くなる。そのため、安全に身を挺している専務取締役としては日頃の注意を怠らない。同人の経験では、あるセクションで、何かの原因で安全管理の士気が緩むと、それが微妙に他の部門に伝わるのが恐ろしいと指摘する。そして、そのような雰囲気は早期に捉えるのはこれは長年の勘がある、という。士気の弛緩の伝播で分かりやすい例は、例えば喫煙は決まった場所で行うよう定められていても、誰かがうっかり禁を破ると、そこが生産活動に直接関係のないところでも周りにすぐ影響する、類である。

このように士気の伝播というのは重要であり、かつありふれた事象である。良悪共この空気を早めに感知し、対応することが組織として必要になる。このとき、雰囲気として伝わる情報の正体は何か、およびエキスパートは何に反応して早期に状況を感知するのか。これらは真に感性情報処理研究の対象として恰好のものと言わざるを得ない。

## 2. 2 人事における組合せの妙の重要さ

俗に相性と言われるものがある。しかし、気の合う人だけから構成される仕事のチームが良い結果を出すとは必ずしも言えない。また、時間の経過と共に“相性”が変わってしまうこと

も珍しくはない。まったく人の組合せは難しいが、そこに人事の妙がある。

例えば谷光太郎は、もっとも旨く行った研究開発チームの事例としてトランジスタの発明に関わった3名の研究者と1人の上役の場合を挙げ、この場合、研究リーダーである狷介不羈のショックレーをよく使いこなしたケリー電子管部長の雅量なくして成功はなかった、とまで評している〔大意〕(2)。このような理想的な組合せはともかくとして、結果的に良い組合せ、悪い組合せはどんな企業でも日常的に起こるものである。そのとき、チームの要員間に流れるいろいろな形のメッセージは感性情報と言われるものではないだろうか。

### 2. 3 経営者のための意思決定支援のしくみに関連して

経営意思決定に役立つ情報システムと言われるものにDSS (Decision Support System : 意思決定支援システム) というのがある。これは、経営者や管理者の必要とする、意思決定のための情報を提供することを目的につくられる情報システムのことで、その概念の形成は1970年代の初めに遡る。当時、喧伝されていたMIS (Management Information System) が経営の自動化を試みようとし結局挫折した反省から起こったアイデアで、意思決定の理論を基礎に木目細かく、やりやすいところから手を付けようとしたものである。

一般に意思決定は構造化できるタイプとそうでないもの(非構造的)の二つに分類される。そしてこの区別をいわゆる経営管理活動の3段階(戦略的計画、マネジメントコントロール、オペレーショナルコントロール)と組み合わせると都合6個の区画がイメージできる。従来のMISは実は構造的かつオペレーショナルな領域を対象とする情報システムであったことが指摘され、対して経営者の意思決定は非構造的な性質に特徴がある。しかし、非構造的だからと拱手してはいられない訳で、よく観察すると、中には構造化領域に近いものがあるのが分かってきた。例えば情報収集・設計・選択という意思決定の3局面のうちのどれかが明らかな場合などで、このような部分的な構造化可能性を半構造的と呼ぶ。そこは人間とコンピュータが個々にはではなく協働して初めて効果的な意思決定ができるところとされる。DSSはこの、半構造的な問題を扱うヒューマンマシンシステムとして定義された。

人間の相談相手となりうる知的助手としてのからくりがここに必要である。コンピュータ上での展開の点ではDSSはアプリケーションの一種と位置付けられ、従ってその実現は情報技術の水準により規定される。この情報システムはふつう対話管理、データベース管理及びモデルベース管理の基本機能から構成される。詳細は別に譲るとして(3)、利用の面で問題にすべきは今はモデルベースの部分に多くあることを指摘しておきたい。

既に長い経過を持つDSSであるが、これが経営者のパートナーとして良く使われているか

---

(2) 谷光太郎「体験的「情報産業論」——半導体企業の一隅から——」情報科学研究(阪南大学), 第8号, 1994, p.56<sup>(40)</sup>.

(3) 例えば次の文献を参照されたい: 山内 昭「DSSと情報処理技術に関する一考察」情報科学研究(阪南大学), 創刊号, 1987, pp.24~41.

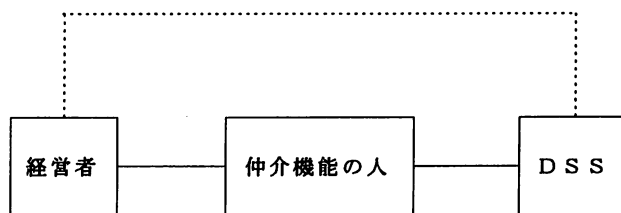
と問えば、現状は首を傾げざるをえない。しかし、活用されない理由として機器の操作が難しいことを挙げるのはもはや適当ではない。何故なら一例を示せば前述のF社の場合、専務取締役は毎朝、LAN環境下でパソコンを操作してEメールや電子キャビネット、電子掲示板等を自在に参照している位である。今や世間では、経営者とOA機器は馴染みになりつつある。

データベースが完備し、それをたやすく利用できる操作ツールは整っているのに、経営者が気楽にDSSを使わないのは何故か。理由として可能性の高いのは、やはり、決定というデリケートな仕事の性質、それに分析モデル自体の難しさ・解決水準の低さ、モデルの標準仕様化の難しさ等であろう。つまり、DSSを構成する各機能の中でモデルベース関係が、他の機能の進化に比して遅れているのではないかと考えられる。

ただ、多忙な経営者がパソコンなどのOA機器を扱うのに十分な時間を取れるとは思えないこと、および経営者はモデル分析の専門家ではない、の二点より、経営者とDSSを直接連結しようとする発想は否定される。やはり両者の間に何らかの仲介機能・翻訳機能を置く必要がある。これは畢竟、専門家を含んでチームをなす人間の集団（秘書室など）が務めざるを得ず、そのような存在を前提にシステムの設計を行うことが肝腎である。

さらに経営者自身も時間があれば、そして関心が深ければ、特に最重要事項についての判断を求められているときなどは、DSSと直接対話しつつ思索できればなお良いであろう。かくして、これらについて望ましい関係はFig.4-2のように描ける（実線は強い関係、点線はそれより弱い関係を表す）。

**Fig.4-2 経営者とDSSの関係**



このように考えると、両者を結ぶ仲介機能の人は大変重要である。これは経営組織の機能として働かなくてはならない。上位者のためだけに機能するのではなくて、会社全体の立場から系統的に働く必要がある。経営者の性格、習慣、物の考え方に慣れる必要はあるが、かつそれに左右されてはならない、というデリケートな職務である。良好な意思決定の確率を高めるためには一工夫がなくてはなるまい。

対応の一つは、弱点である分析機能（つまりモデルベース管理関連機能）の能力を高めることであり、結果を経営者に上手に伝える術を獲得することである。それにはFig.4-2で表される

各対の関係の場に感性情報処理のフィルタをつけるのが役に立つ。経営者の真に求める情報が提供できればDSSの利用は急速に進む。MISの落とし穴は、利用者のニーズよりも、供給者側（情報システム部門）の論理を先行させたところにあった。同様なことはDSSにも当てはまる。何を求めているかを知る手掛かりを探る第一歩は感性語の検出である。また、経営者のタイプによって情報にウェイト付けが必要になる場合もあるであろう。何を基準にしたらよいか、感性情報処理の面からも良い提案ができないだろうか。

### 3. 結び ———今後の展開に向けて———

経営組織と感性情報処理研究の関係は二つの面から考えることができよう。第1は、組織における多くの事象を感性情報処理の解析対象とすること、そして第2は感性情報処理研究の成果を経営組織の問題に適用することである。ただし後者の場合、これは既存の情報システムとの協力の必要はある。

本稿で取り上げた問題は、潜在的な多くの可能性のほんのさわりの部分にしか過ぎない。ここではたまたま前者の方のケースを多く論じたが、これは一面、現在の序の口とも言える研究の進行段階を反映しているかもしれない。また、本来、経営というのは組織内部の問題の解決が以外に難しいものである（4）。

本研究プロジェクトの一環としての次なる展開は、経営情報論の領域からは、まずDSSについてさらに掘り下げて論じることである（2. 3項の関連）。前述のように既に小説やエッセイなどからの感性語検索システムの構築が試行されているので、その成果を得て、経営者の各タイプに関する感性語データベースの作成から試みる。そして、その後に検討したいのはDSSの活用を多分もっとも阻害している「難しいモデルベース」の改良である。経営者に慣れってもらうための、親しみやすい、平易な経営ゲームのモデル開発がテーマとなろう。そこで感性情報処理の概念が生きるのは、各変数関係を感情の高まりなどの蓄積で制御するアルゴリズムを導入する部分である。下記の文献の事例は（5）、感性情報処理を特に意識したものではないけれども、システム思考の訓練と教育方法論の用に工夫されたシミュレーションモデルであり、そこに使われている感性的データの取扱いの仕方は次の段階を進める参考になる。

---

（4）これに関連し次の文献は大変参考になる。同書には「日本の企業では経営者にとって、外部より内部のほうがアンコントロールラブルである」と述べられている。

清水龍登『大変革期における経営者の洞察力と意思決定〔Ⅲ巻〕』千倉書房、1992, p.1138<sup>(37)</sup>。

（5）P.L.Hopkins, "Simulating *Hamlet* in the classroom," *System Dynamics Review*, Vol.8, No.1, 1992, pp.91~98<sup>(12)</sup>。

この論文には、シェークスピアの戯曲ハムレットについて仮定の筋書きも楽しめるシミュレーションモデルが示されている。

## V. デバイス研究からのアプローチ

### 1. はじめに

人間をはじめとする高等動物は、生命維持のための生体情報だけでなく、外界からの刺激に対して喜怒哀楽の情を抱く感性情報をも同時に操る動物である。我々人間が日常何気なく行っているこれらの情報処理をコンピュータを駆使して擬似的に実現しようとした場合、大容量のデータを瞬時に処理できる高度な演算装置が必要になる。今日、コンピュータの処理能力が飛躍的に進歩したとはいえ、これら生体情報・感性情報をリアルタイムで処理するにはさらなる発展が必要不可欠である。

本論文では、電気信号をベースに演算を行ってきたこれまでのコンピュータ技術と、光信号処理技術を結びつける新しい技術として、半導体プラズマを用いたマイクロ波の光制御法を考える。この方法は、半導体に禁止帯幅より大きなエネルギーをもつ光を照射して電子-正孔対（半導体プラズマ）を誘起し、半導体の複素誘電率を変化させるもので、半導体中を伝搬するマイクロ波を光によって制御することが可能になる<sup>(23)</sup>。

光制御マイクロ波デバイスに関しては、これまでに光制御位相器や変調器などが提案されているものの<sup>(32,41)</sup>、制御時にマイクロ波の位相と振幅が同時に変化するため、実用的な特性をもつデバイスは未だ報告されていない。本論文では、こうした問題点を克服する方法としてマイクロストリップ間隙に楕形電極を用いる方法を提案する。楕形電極は、これまでに広く用いられてきた単一電極に比べて、光照射時におこるマイクロ波の振幅変化を抑圧でき、位相変化のみを効率よく抽出できる点で優れている。

本論文では、第2章において半導体プラズマのマイクロ波特性を詳しく説明する。そして、第3章では分散性媒質に適用可能な差分時間領域法（Frequency-Dependent Finite-Difference Time-Domain Method: (FD)<sup>2</sup>TD法）による理論解析結果を報告し、本提案の有効性を示す。

### 2. 半導体プラズマのマイクロ波特性

プラズマが誘起された領域の比誘電率 $\epsilon_p$ は、プラズマ密度 $n_p$ の関数として次式のように与えられる<sup>(23)</sup>。

$$\epsilon_p = \epsilon_s - \sum_{i=e,h} \frac{\omega_{pi}^2}{\omega^2 + \nu_i^2} \left( 1 + j \frac{\nu_i}{\omega} \right) \quad (1)$$

但し、

$$\omega_{pi}^2 = \frac{n_p q^2}{\epsilon_0 m_i^*} \quad (i = e, h) \quad (2)$$

ここで、

$\omega_{pi}$  : プラズマ角周波数

$\omega$  : マイクロ波の角周波数

$\epsilon_s$  : プラズマが誘起されていない場合の半導体の比誘電率

$q$  : 電子の電荷量

$\epsilon_0$  : 真空中の誘電率

$\nu_i$  : キャリアの衝突周波数

$m_i^*$  : キャリアの有効質量

である。ここで、添字が $i=e$ のときは電子に関する量を、 $i=h$ のときは正孔に関する量をそれぞれ表している。

数値計算にあたっては、半導体としてシリコンを想定し、 $\epsilon_s=11.8$ 、 $\nu_e=4.53 \times 10^{12}/s$ 、 $\nu_h=7.71 \times 10^{12}/s$ 、 $m_e^*=0.259m_0$ 、 $m_h^*=0.38m_0$ とする。ただし、 $m_0$ は電子の静止質量である<sup>(31)</sup>。

Fig.5-1に比誘電率の平方根 $\sqrt{\epsilon_p}$ である複素屈折率とプラズマ密度 $n_p$ との関係を示す。実線はマイクロ波の周波数が10GHz、破線は100GHzの場合の特性である。グラフより、例えば10GHzでは、 $10^{20}/m^3$ 以下のプラズマ密度で屈折率の実部はほぼ一定値を示し、このときの虚部もかなり小さいことから、この密度域ではマイクロ波に対してプラズマの影響はほとんどないと考えられる。一方、密度 $n_p$ を $10^{21}/m^3$ 以上に上げると、実部と虚部の変化がともに顕著になり、複素誘電率も大きく変化する。特に、 $n_p$ が $10^{21}/m^3 \sim 10^{22}/m^3$ では損失性の媒質として、また $10^{22}/m^3$ 以上では金属的な媒質としてマイクロ波に作用することが知られている。

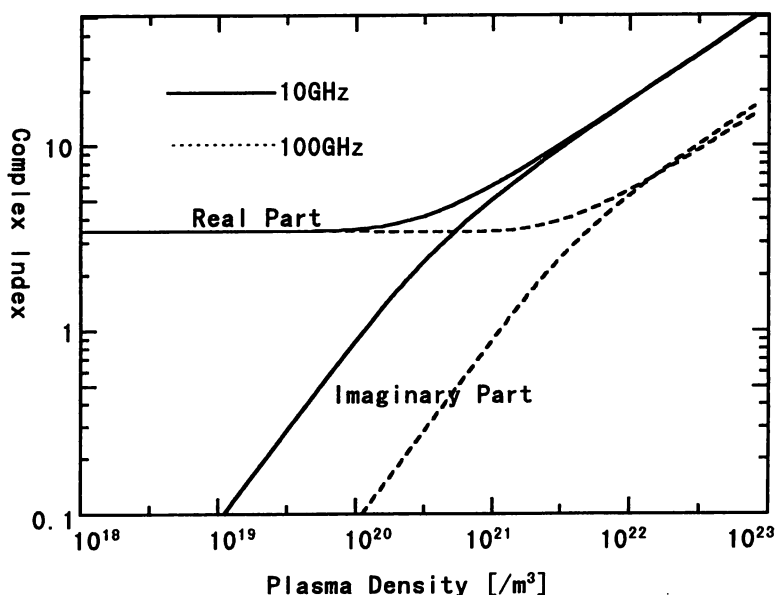


Fig.5-1 プラズマ領域の複素屈折率とプラズマ密度との関係

### 3. 理論解析

#### 3.1 (FD)<sup>2</sup>TD法

(FD)<sup>2</sup>TD法はMaxwell方程式を時間、および空間座標に対して直接差分化し、初期の界分布から出発して、逐次電磁界の時間応答を計算していく数値計算法である<sup>(24)</sup>。

半導体プラズマのように誘電率が周波数の関数として表現される分散性媒質に対しては、構成関係式を時間領域において差分化し、Maxwell方程式に組み込む必要がある。

プラズマを含む半導体の複素誘電率 $\epsilon(\omega)$ は周波数領域で次のように与えられる。

$$\epsilon(\omega) = \epsilon_0(\epsilon_s + \chi_e(\omega) + \chi_h(\omega)) \quad (3)$$

$$\chi_i(\omega) = \frac{\omega_{pi}^2}{\omega(j\nu_i - \omega)} \quad (i=e, h) \quad (4)$$

$$\omega_{pi}^2 = \frac{n_p q^2}{\epsilon_0 m_i^*} \quad (5)$$

ここで、 $\epsilon_0$ は真空の誘電率、 $\chi_i(\omega)$ は分極率を意味し、その他のパラメータは前頁に示すものである。なお、添字が $i=e$ のときは電子に関する量を、またの $i=h$ ときは正孔に関する量をそれぞれ表している。

構成関係式の電束ベクトル $D$ は、周波数領域で次のように表現される。

$$D(\omega) = \epsilon(\omega)E(\omega) = \epsilon_0(\epsilon_s + \chi_e(\omega) + \chi_h(\omega))E(\omega) \quad (6)$$

これに重畳積分定理を用いてフーリエ変換を施すと、次のような時間領域における電束ベクトルの式を得る。

$$D(t) = \epsilon_s \epsilon_0 E(t) + \epsilon_0 \int_0^t E(t-\tau)(\chi_e(\tau) + \chi_h(\tau)) d\tau \quad (7)$$

また、式(4)の分極率は時間領域で、

$$\chi_i(t) = \frac{\omega_{pi}}{\nu_i} (1 - e^{-\nu_i t}) U(t) \quad (i=e, h) \quad (8)$$

となる。ここで、 $U(t)$ は単位ステップ関数である。次に、 $n$ をタイムステップとして $t = n\Delta t$ のように時間を表現すると式(7)は次のように差分化できる。

$$D^n = \epsilon_s \epsilon_0 E^n + \epsilon_0 \sum_{m=0}^{n-1} E^{n-m} \int_{m\Delta t}^{(m+1)\Delta t} (\chi_e(\tau) + \chi_h(\tau)) d\tau \quad (9)$$

Maxwell方程式の差分表現に式(9)を組み込むことにより、半導体プラズマのような分散性媒質を含む場合にも適用可能な差分式が導出できる。ここでは、電界 $E_y$ についての差分式のみを式(10)に示すが、各電磁界成分についても同様に求めることができる。

$$\begin{aligned}
E_y^{n+1}(ij+\frac{1}{2},k) &= \frac{\epsilon_s + \Delta\chi_{oe} + \Delta\chi_{oh}}{\epsilon_0 + \chi_{oe} + \chi_{oh}} E_y^n(ij+\frac{1}{2},k) + \frac{1}{\epsilon_s + \chi_{oe} + \chi_{oh}} \left\{ \sum_{m=1}^{n-1} E_y^{n-m}(ij+\frac{1}{2},k) (\Delta\chi_{oe} + \Delta\chi_{oh}) \right\} \\
&+ \frac{\Delta t}{\epsilon_s + \chi_{oe} + \chi_{oh}} \left\{ \frac{H_z^{n+\frac{1}{2}}(i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2},k) - H_z^{n+\frac{1}{2}}(i-\frac{1}{2},j-\frac{1}{2},k)}{\Delta x} \right. \\
&\quad \left. - \frac{H_x^{n+\frac{1}{2}}(ij+\frac{1}{2},k+\frac{1}{2}) - H_x^{n+\frac{1}{2}}(ij+\frac{1}{2},k-\frac{1}{2})}{\Delta z} \right\} \quad (10)
\end{aligned}$$

### 3. 2 解析モデル

解析モデルの概略図をFig.5-2に示す。ここでは、特性比較のために櫛形形状を持たない単一電極 (Fig.5-2 (a)) と、櫛形電極 (Fig.5-2 (b)) の2種類のモデルを考える。いずれも基板には厚さ $h=0.4\text{mm}$ 、比誘電率 $\epsilon_s=11.8$ のシリコン基板を、またストリップ導体には厚さの無視できる幅 $w=1.0\text{mm}$ の完全導体をそれぞれ仮定する。また、前者には幅 $G_w=0.5\text{mm}$ の間隙を、後者にはスリット幅 $d=0.1\text{mm}$ 、長さ $G_L=1.0\text{mm}$ の櫛形間隙をそれぞれ仮定する。スポット径 $0.5\text{mm}$ のレーザ光線を間隙中央に照射して半導体プラズマを誘起する。

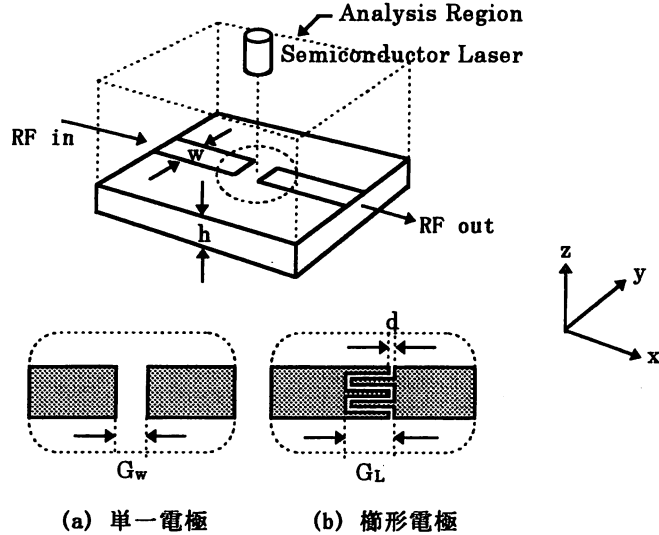


Fig.5-2 解析モデルの概略図

( $h=0.4\text{mm}$ 、 $w=1.0\text{mm}$ 、単一電極： $G_w=0.5\text{mm}$ 、櫛形電極： $G_L=1.0\text{mm}$ 、 $d=0.1\text{mm}$ )



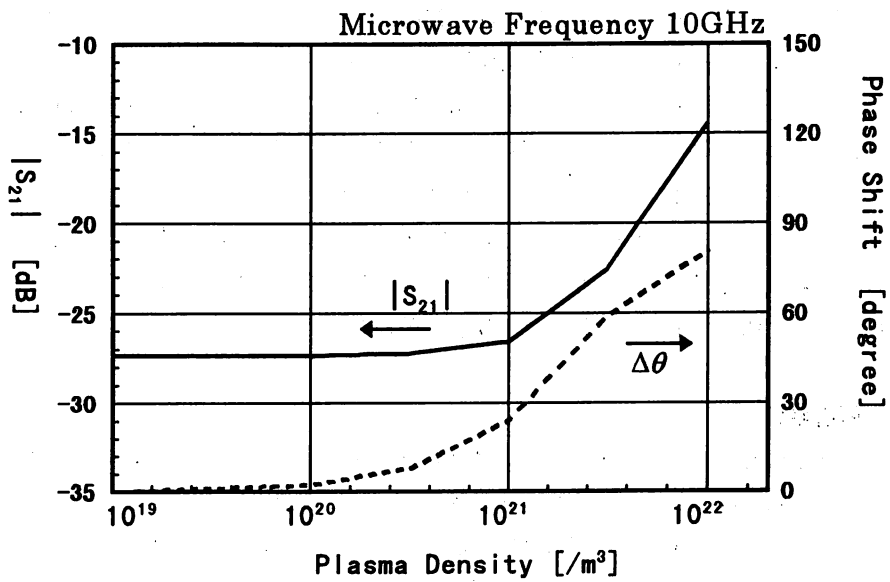


Fig.5-3 プラズマ密度に対する単一電極の透過特性

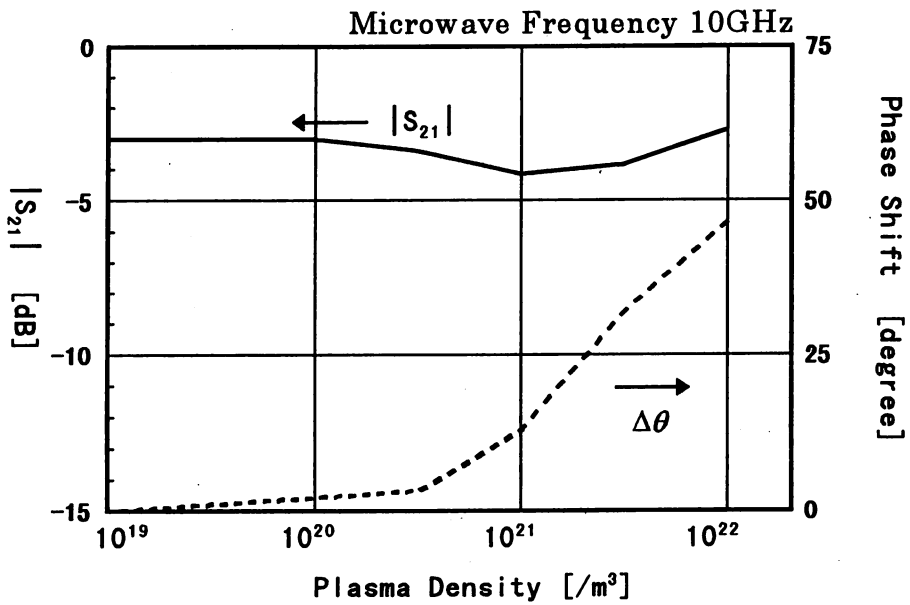


Fig.5-4 プラズマ密度に対する櫛形電極の透過特性

(FD)<sup>2</sup>TD法による理論解析においてはYee Mesh<sup>(45)</sup>を用い、その最小分割幅を $\Delta x = \Delta y = 0.05\text{mm}$ 、 $\Delta z = 0.025\text{mm}$ 、時間離散間隔を $\Delta t = 6.75 \times 10^{-14}\text{s}$ とした。また、線路の寸法を $h = 0.4\text{mm} = 16\Delta z$ 、 $w = 1.0\text{mm} = 20\Delta y$ 、 $G_w = 0.5\text{mm} = 10\Delta x$ 、 $G_L = 1.0\text{mm} = 20\Delta x$ 、 $d = 0.1\text{mm} = 2\Delta x$ あるいは $2\Delta y$ とした。プラズマに関する計算は、Fig.5-1に示す間隙を中心とした基板 ( $50\Delta x \times 40\Delta y \times 16\Delta z$ ) に文献 (10,11) に示すプラズマ密度分布を与えることによって行った。さらに、解析領域の大きさを $10.5\text{mm} \times 8.0\text{mm} \times 2.8\text{mm}$ に選び、接地導体を除くすべての境界にはMurの1次近似吸収境界条件<sup>(27)</sup>を採用した。また、マイクロ波の励振にはガウスパルスの微分形波形を用い、入力側のストリップ導体下に電界成分 $E_z$ を与えた。

### 3. 3 解析結果

マイクロ波周波数10GHz時の単純電極の透過特性 $S_{21}$ をFig.5-3に示す。図より、プラズマ密度の増加とともに振幅 $|S_{21}|$ および位相の変化量 $\Delta\theta$ が同時に単調増加することがわかる。これを光制御位相器として利用する場合、制御時の振幅変化が位相器の特性を悪化させる原因となり、また強度変調器への応用を考えた場合も位相の変化が問題になる。次に、マイクロ波周波数10GHz時の櫛形電極の透過特性 $S_{21}$ をFig.5-4に示す。位相の変化量 $\Delta\theta$ はプラズマ密度の増加とともに単調に増加する傾向を示すが、振幅 $|S_{21}|$ はほぼ一定値を示すことがわかる。その理由として以下のことが考えられる。すなわち、間隙の中央付近に誘起される高密度なプラズマは金属的に作用して間隙を短絡するように働くのに対して、その周りを取り巻く低密度なプラズマが損失性の媒質としてマイクロ波を吸収するため、互いの効果が相殺し合って振幅の変化が抑えられるものと考えられる。例えば、プラズマ密度を0から $10^{22}/\text{m}^3$ まで変化させた場合、1dB程度の振幅変化で、位相を48度まで連続的に変えることが可能である。以上の結果は、櫛形電極を用いることによって透過特性の位相変化を効率よく抽出できることを示している。

## 4. 結 論

感性情報処理を支援する技術として、半導体プラズマを利用した光電波融合デバイスの提案を行った。特に、櫛形電極を用いることにより、これまで問題視されていた光照射時のマイクロ波の位相と振幅の変化のうち、振幅の変化を抑圧し、位相の変化のみを効率よく抽出できることを理論的に明らかにした。この結果は半導体プラズマを利用して実用的な特性をもつマイクロ波位相器が実現できることを示すものであり、さらに位相器をマハツェンダー型の強度変調器として用いる等の利用法も可能である。

## 参考文献

- (1) Abramson, L. Y., Metalsky, G. I., & Alloy, L. B. 1988 The hopelessness theory of depression : Does the research test the theory ? In L.Y. Abramson (Ed.) , *Social cognition and clinical psychology : A synthesis*. New York: Guilford.
- (2) Abramson, L.Y., Seligman, M.E.P. & Teasdale, J.D. 1978 Learned helplessness in humans : Critique and reformation. *Journal of Abnormal Psychology*, 87, 49-74.
- (3) Arnold, M.B. 1960 *Emotion and personality*. Vol.1 Columbia University Press.
- (4) Brodt, S. E., & Zimbardo 1981 Modifying Shyness-related social behavior through symptom misattribution. *Journal of Personality and Social Psychology*. 41, 437-449.
- (5) David Ellis著, 細野公夫監訳; 情報検索論－認知的アプローチへの展望、丸善 1994.
- (6) Epstein, S. 1972 The nature of anxiety with emphasis upon its relationship to expectancy. In C.D. Spielberger (Ed.) , *Anxiety: Current trends in theory and research*. Vol. II , New York : Academic Press.
- (7) Festinger, L. 1957 *A theory of cognitive dissonance*. Stanford University Press.
- (8) 浜治世 1981 感情 新版心理学事典 平凡社.
- (9) Heider, F. 1946 Attitude and cognitive organization. *Journal of Psychology*, 21, pp.107-112.
- (10) Horii, Y., Tsutsumi, M.: "Scattering Parameters of Semiconductor Microstrip Line under Laser Spot Illumination", IEEE MTT-S International Microwave Symposium, Symposium Digest, Vol 3, TH3F-19, pp.1675-1678, June, 1996.
- (11) 堀井康史, 堤誠: "レーザ照射シリコン基板マイクロストリップ線路の伝搬特性", 電子情報通信学会論文誌, J79-C-I, 10, pp.389-395, Oct. 1996.
- (12) Hopkins, P.L, "Simulating *Hamlet* in the classroom", *System Dynamics Review*, vol.8, No.1, 1992, pp.91-98.
- (13) 一松信, 村岡洋一監修、感性と情報処理－情報科学の新しい可能性, 共立出版, 東京, 1993年.
- (14) 井口征士「感性情報処理が目指すもの」情報処理, Vol.35, No.9, 1994, pp.792～798.
- (15) Izard C.E. 1971 *The faces of emotion*. Appleton-Century-Crofts.
- (16) 桑原尚史 1990 感情喚起過程の検討 (1) —予測と結果の望ましさが感情喚起に及ぼす効果 鹿児島女子大学研究紀要, 第11巻, 第1号, 113-134.
- (17) 桑原尚史 1991a 予測と結果との一致性の要因が感情喚起に及ぼす効果—感情喚起過程の検討 (2) 鹿児島女子大学研究紀要, 第12巻, 第1号, 231-252.
- (18) 桑原尚史 1993a 原因帰属が方向性が感情喚起に及ぼす効果—感情喚起過程の検討 (3) 鹿児島女子大学研究紀要, 第14巻, 第1号, 99-123.
- (19) 桑原尚史 1993b 予測の方向性および確信性が予測状況における感情喚起に及ぼす効果 —感情喚起過程の検討 (4) 鹿児島女子大学研究紀要, 第15巻, 第1号, 103-121.
- (20) 桑原尚史 1994 予測の方向性および確信性が評価状況における感情喚起に及ぼす効果—感情喚起過程の検討 (5) 鹿児島女子大学研究紀要, 第15巻, 第2号, 91-124.
- (21) Lazarus, R.S. 1966 *Psychological stress and coping process*. New York: McGraw-Hill.
- (22) Lee, C.H, Mak, P.S, DeFonzo, A.P: "Optical control of millimeter-wave propagation in dielectric waveguides", IEEE Trans. Quantum Electron., QE-16, 3, pp.277-288, March 1980.
- (23) Luebbers, R., Hunsberger, F., Kunz, K: "A frequency-dependent finite-difference time-domain for transient propagation in plasma", IEEE Trans. on Ant. and Prop., AP-39, pp.29-34, Jan. 1991.
- (24) Luebbers, R., Hunsberger, F., Kunz, K., Sandler, R., Schneider, M: "A frequency dependent finite-difference time-domain formulation for dispersive materials", IEEE Trans., Electromagn. Compat., vol.32,

- pp.222-227, Aug. 1990.
- (25) Mandler, G. 1975 *Mind and emotion*. New York:Wiley.
  - (26) Mandler, G. 1982 The structure of value : Accounting for taste. In M.S.Clark and S.T.Fisk (Eds.) , *Affect and cognition: The seventeenth Annual Carnegie symposium on cognition*. Lawrence Erlbaum. pp. 3-33.
  - (27) Mur.G: "Absorbing boundary conditions for finite-difference approximation of the time-domain electromagnetic-field equations", IEEE Trans., Electromagn. Compat., EMC-23, pp.1073-1077, Nov. 1981.
  - (28) 中村明 1979 感情表現辞典 六興出版.
  - (29) 中村明 1997 感情表現辞典 東京堂出版.
  - (30) Newcomb,T.M. 1953 An approach to the study of communicative acts. *Psychological Review*, 60, 393-404.
  - (31) 小楠,田中,伊藤: "光によって制御されたプラズマ層を持つ誘電体線路の伝搬特性"電子情報通信学会論文誌, J66-C, 1, pp.39-46, Jan. 1983.
  - (32) 小楠: "光電効果を用いたストリップ線路形マイクロ波変調器", 電子情報通信学会論文誌, J67-B, 4, pp.416-423, April 1985.
  - (33) 坂井利之編, 情報科学の基礎研究, オーム社, 東京, 1990年.
  - (34) Schacter, S. & Singer, J. E. 1962 Cognitive social, and physiological determinants of emotion state. *Psychological Review*, 69, 379-399.
  - (35) Schlosberg, H. 1941 A scale for judgment of facial expression in terms of two dimension. *Journal of Experimental Psychology*, 44, 497-510.
  - (36) 司馬遼太郎; 世に棲む日日 (一)、文春文庫、1975.
  - (37) 清水龍瑩『大変革期における経営者の洞察力と意思決定〔Ⅲ巻〕』千倉書房、1992.
  - (38) Storms, M. D. & McCaul, K. D. 1976 Attribution processes and emotional exacerbation of dysfunctional behavior. In J.H. Harvey, B.J.,Ickes, & R.F. Kidd (Eds) , *New directions in attribution research, Vol. 1*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
  - (39) Storms, M. D. & Nisbett, R. E. 1970 Insomnia and the attribution process. *Journal of Personality and Social Psychology*. 16, 319-328.
  - (40) 谷光太郎「体験的「情報産業論」－半導体企業の一隅から－」情報科学研究 (阪南大学), 第8号, 1994, pp.51-70.
  - (41) Vaucher.A.M, Striffer.C.D, LeeC.H: "Theory of optically controlled millimeter-wave phase shifter ", IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., MTT-31, 2, pp.209-216, Feb. 1983.
  - (42) Weiner, B. 1986 *An attributional theory of Motivation and Emotion*. New York: Springer-Verlag.
  - (43) Weiner, B., Frieze, I. H., KukLa, A., Reed, L., Rest, S., & Rosenbaum, R. M. 1971 *Perceiving the causes of success and failure*. Morristown, N.J.: General Learning Press.
  - (44) Weiner, B., Russel, D., & Lerman, D. 1978 Affective consequence of causal attribution. In J.H. Harvey, B.J., Ickes, & R.F. Kidd (Eds.) , *New directions in attribution research, Vol. 1*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
  - (45) Yee.K.S: "Numerical solution of initial boundary value problems involving Maxwell's equations in isotropic media", IEEE Trans. on Ant. and Prop., AP-14,5, pp.302-307, May 1966.
  - (46) Yoshida, M., Kinase, R., Kurokawa, Y. & Yashiro, S. 1970 Multidimensional scaling of emotion. *Japanese Psychological Research*, 12, 45-61.