

意味と知覚システムの情報： 進化論の観点から

Meaning and information obtained by a perceptual system: from  
the viewpoint of the theory of evolution

高松 薫

Kaoru Takamatsu

所属： なし

Affiliation: nothing

e-mail: [ckeyv910@sutv.zaq.ne.jp](mailto:ckeyv910@sutv.zaq.ne.jp)

Abstract

It would be a natural supposition that the meaning of linguistic expressions we apprehend in our daily communication is the content of the information that the expressions encode. This information should be defined by activities of our perceptual-cognitive system. However we have not obtained knowledge of the system enough for the definition yet, hence the supposition lacks its essence. This paper describes an attempt to build up a hypothetical perceptual system constructively on the level of computational theory (Marr 1982), and to define the meaning of a linguistic expression by the information obtained by the system. The construction of the system is based on the idea that perception is an information processing generated through evolution. The validity of the system was examined by comparing 1, the processing of this system with those proposed by other theories of object perception and psychological evidence found in literature, and 2, output information with the structure of a sentence: a subject — predicate. No fundamental inconsistency was found in the former comparison and a structure of information corresponding to that of a sentence was obtained in the latter comparison; such a structure is a necessary condition of meaning.

Keywords. A perceptual system; Evolution; Individuation; Object perception; Semantics.

1. はじめに

ある事象を知覚してそれを言語で表したとき、その表現の意味とは通常その表現が担う情報の内容であろう。その根拠はどちらも基本的には①、知覚経験によって獲得され知覚システムの中に生成、蓄積されたものである、②、現実の事象と一方で結びつき、他方で言語表現と結びつき両者を媒介する、③、言語表現との間に一定の同型性が成り立っている、④、論理的推論が可能な性質をもつ、そしてこの上に立って、人々の間で意味はコミュニケーションにおいて②③④にもとづいて同定される、という点にある。

意味についてのこのような見方は認知意味論に位置づけられる。そこでは意味を人間の知覚—認識作用をもとに考察している (Jackendoff 1983, Fauconnier 1984, Lakoff 1987, Langacker 1987, Talmy 1988)。しかし現在のところ知覚システムは生理学的に十分解明されていないので、意味を知覚システムの働きにもとづいて研究することはなされていないようである。

知覚システムを解明するには生理学の方向：知覚システムはどんな構造か？の他にその機能の必然性からの方向：なぜ知覚は現在の機

能をもつに至ったか?がある。後者は現在あるような知覚システムをその成立の必然性から求めるものである。この方略は知覚システム形成の原因、原因からのシステム導出、導出されたシステムと実際のシステムの比較同定からなる。原因としては自然選択による進化が考えられる。比較同定は両者の働き方や出力情報の比較による。これらが整合的であれば妥当なシステムということになる。出力情報が意味の性質をみればシステムの妥当性と同時に意味の定義を与えることができよう。このような知覚システムに対する立場は進化心理学の他 Anderson(1990), Geisler, Diel(2003)によってとられたが、それらでは情報の問題はあつかわれていない。

## 2. 知覚の性質

知覚が進化した原因から知覚の役割、それに必要な機能を導き、知覚システム構成の手がかりとする。生物において知覚機能が進化したのは世界の規則性に基づく予測可能性(シミュレーション)が生存競争に有利であるからと考えられる。つまり知覚は世界の規則性および環境の情報を獲得する役割をもつことになる。構成する知覚システムを $\Psi$ とあらわすと、知覚の役割のために $\Psi$ がもつべき基本性質は次のようになる。

- 1、環境からの情報を担っている外的影響(入力)を有限の要素と作用で分析する。
- 2、情報は分析で得られた要素の構成物であり、シミュレーションのためには必要な範囲でその対象と同型でなければならない。このような情報の内容は事象の一つのモデルと考えられるので、情報モデルと呼ぶ。
- 3、入力は普通ノイズを含みかつ不十分であるから、対象を推測するようなヒューリスティックが必要である。このヒューリスティックは進化によって世界の規則性のある部分がシステムにとりこまれたと考えることができる。

以上から $\Psi$ 、環境、情報モデルの関係は次のようになる。 $\Psi$ をもつ生体の環境は環境の情報モデルに対応する。その情報モデルは生体自身の情報モデルを内部に位置づけている。よって両者のモデルは現実の環境と生体の関係に同調している。生体は自分の身体(感覚)を把握しているから、自己のモデルから身体への関連づけができる。この関連づけを環境モデルへ拡大することで生体は環境との関連づけを得ることができる。そしてこの関連によって生体は環境の中で自己自身をコントロールする可能性が得られる。

なお $\Psi$ の対象は $\Psi$ のまわりの環境であるが、それは $\Psi$ に先立って存在しているので、当然 $\Psi$ 構成の前提となる。この前提は $\Psi$ を構成するのと同じ立場、すなわち我々の主観的知覚から独立の客観的立場から記述されねばならない。このため事象は物理的、化学的または生物学的事象として主観的知覚から独立に記述される必要がある。

## 3. 場面のモデル

$\Psi$ の最初の対象は $\Psi$ のまわりの場面になる。場面とはなんらかの物質の時空的配置とそこからもたらされる影響である。上述した情報の性質より場面の情報、場面モデルは入力する影響とその源および両者の関係に同型な構成物となる。この影響の情報はそれを分析同定することで得られる。以下影響を光として考える。入力光は波長、強さ、発生位置で同定でき、それらの特徴によって特徴空間内に位置づけられる。又入力分布の強度変化や分布の幾何的特徴等より高次の特徴も必要に応じて $\Psi$ の対象となろう。

場面モデルの形成は論理的には次のプロセスが考えられる。

1. 入力光をとらえるセンサーシステム: 入力光の分布および特徴に同型対応するようなシステム内の信号を発生する。
2. 評価システム: その信号の一定の基準に

基づく信号に同型な評価。

3. 総合システム： これらの評価値の、入力からの分解と逆の総合。

記述の簡単のため入力の位置づけは $\Psi$ を固定し、主観的座標と客観的座標を一致させる。

### 3. 1 センサーシステム

入力を光源の分布に同型にとらえるのは目のような光学系で可能である。平面×奥行き  
2. 5次元に光源に対応するように入力光を変換しその分布をとらえればよい。これは平面、奥行きを一定の単位に区切り、入力をこの単位に分割してそれぞれの強さ、波長に応じた反応—信号の発信—が生じるようにセンサーの単位を組織化すれば近似的に可能になろう。波長、強度、奥行きをそれぞれ  $q, g, d$  であらわす。平面の単位センサーの組織上の位置を  $i$  としその出力を  $[q, g]_{id}$  とあらわす。 $i$  は平面上の位置に、 $id$  は光源の位置に対応する。これで得られた入力への反応から位置による強度変化や奥行きの変化も適当なセンサーによってとらえられる。これの出力をそれぞれ  $\theta_i, \delta_i$  とする。すると空間的入力に対する出力は単位センサー全体の構造を  $S$  とすると

$$S([q, g]_{id}, \theta_i, \delta_i | i: \text{平面のセンサー位置}) \quad (1)$$

とあらわす。以上のようなセンサーシステムを導入する。

### 3. 2 評価システム

入力の各特徴に同型な評価値を得るためには、一定の基本系によって入力を測定し入力を各基本成分の割合に分解する方法がある。その値を結合し基本系のなすベクトル空間の位置ベクトルとすれば評価値となる。さらに入力間の比較や分布を把握するためにはその評価値が保存されるようにする必要がある。このため評価値を記録保存する要素を導入し記録された要素を  $f$  値と呼ぶ。この  $f$  値自身評価のための一つの基準になりうる。これが入力に対して

類似度に応じた程度で反応する（1から0の値であらわされるような状態をとる）とすれば入力間の類似関係が得られる。センサーシステムからの各特徴の出力に応じてそれぞれの  $f$  値を  $[q, g]_{id}, \theta_i, \delta_i$  であらわす。

次に入力の源の存在を評価する必要がある。位置  $i$  の単位センサーは入力が存在する場合その源に対応するから、その出力を受けて対応する要素： 入力があれば状態1、なければ0、を設定すればこれが源を評価する要素になる。これを  $f_i$  とし、 $f_{i+}, f_{i0}$  を入力の存在するときしなくてそれぞれ  $f$  値とする。この評価要素の全体を  $F$  とする。

$$F=S(f_i | i: \text{平面のセンサー位置})$$

光源の位置の評価は、 $f_{id+}$  の  $id$  が源の位置に対応するから、 $f_{id+}$  に対して対応する（状態1をとる）要素によってなされる。よって  $f_{id}$  に対してこのような要素を割り当てユークリッド空間に近似的に同型な組織をつくれれば、位置の評価ができる。この位置の  $f$  値を  $p_{id}$  とあらわす。

### 3. 3 総合システム

場面モデルは入力の構造および入力とその源の関係に同型に  $f$  値を総合したものである。入力の構造は式（1）である。入力源が単位センサーに対応するなら入力源から発する影響はセンサーからの出力について生成される入力特徴の  $f$  値に対応する。入力を受けた位置  $i$  の単位センサーは  $f_{id+}$  に 1 : 1 に対応するから、入力と入力源の関係は特徴の  $f$  値と  $f_{id+}$  の関係：「 $f_{id+}$  が対応する（状態1）入力があるときこの入力に各特徴の  $f$  値が対応する（状態1となる）」に対応する。この関係をみだす  $f$  値の結合を

$$f_{id+} \langle [q, g]_{id}, p_{id}, \theta_i, \delta_i \rangle$$

とあらわす。この第一項を核、 $\langle \rangle$  の中の項を帰属項と呼ぶ。ここで  $f_{id+}$  と入力源は 1 : 1 対応であり、 $f_{id+}$  から入力源への対応は指示関係になる。全体として

$$S(f_{id+} \langle [q, g]_{id}, p_{id}, \theta_i, \delta_i \rangle | i: \text{平面のセンサー})$$

位置)

これが場面モデルとなる。 $\Psi$ がまわりの事象から得る情報とは事象に対応する情報モデルである。この対応は入力からのモデル形成であり $\Psi$ はこの形成されたことを知覚するから、この知覚は形成されたモデルを特徴づける。この特徴づけられた情報モデル $X$ を $[X]^T$ とあらわすとこれが $X$ を内容とする情報になる。

以上のプロセスに必要な要素、作用を $\Psi$ に仮定する。場面モデルはいわば2. 5Dのraw Primal sketch (Marr 1982)にあたる。これは対象の構造にあたる grouping はふくんでいない。次にこの内の基礎的なものについて考える。

## 4. 固体のモデル

### 4. 1 固体

我々の身のまわりで生存に重要な規則性の一つとして固体性がある。固体は有限な閉領域をしめ、通常時空的に連続な同一性を保つ。その表面はある単位(分子、原子など)がとなりどうし互いに結合している。つまり「隣接して結合」という関係で単位が関連しあっている。よってこの関係の表面での分布の仕方は一定、つまり規則的である。これを $r_s$ と書く。ここで分布の対象が一定なのでなく分布の仕方(分布関数)が一定であることに注意。 $r_s$ の規則性とはその分布の仕方、すなわち「隣接して結合」という値の定数関数の連続的な同一性である。 $r_s$ の規則性を次のように定義する。簡単のため

1. 5次元: 1次元×奥行き、で考える。

二つのとなりあう位置である単位物質が存在し結合しているという関係を $b$ 、そうでない場合を $\neg b$ とする。位置の対 $(x, x+1)$ から関係 $b$ への定数関数で、位置 $i$ を含むある領域 $D_i$ でなりっているものを $N_i(x)=b$ とする。もし $N_{i+1}(x)=b$ であれば $i+2 \in D_i$ であり、 $N_i(x)$ と $N_{i+1}(x)$ は $D_i=D_{i+1}$ において連続的に同一の関数である。この同一関係を $CE_i$ と書く。すると $r_s$ は関係 $b$ による単位の分布の仕方であるから、 $CE_i$ の連続的な列が $r_s$ に伴って得られる。 $i$

$=1$ をこの列の出発点、 $i=n$ を終点とすると $CE_i: i=1 \cdots n$ の連続的連結が $r_s$ の規則性になる。これを $\cap^n CE_i$ であらわす。これは $r_s$ で決まり、また逆にこれによって $r_s$ が特定できる。この連結は以下のように回帰的に定義できる。

1. 位置1, 2, 3において $CE_i$ が成り立ち位置3と4の関係が $\neg b$ のとき、  
 $\cap^n CE_i = CE_1$ .
2.  $CE_1 \cdots CE_k$ を含む規則性があるとき、位置 $k+1$ と $k+2$ の間で $b$ であるときその規則性は $CE_{k+1}$ を含む。もし $\neg b$ ならば $\cap^k CE_i$ が規則性である。この規則性によって $D=D_i: i=1 \cdots k$ の要素は決定され関連づけられる。すなわち一体化される。

### 4. 2 固体の特徴

固体から生じる影響は $r_s$ に応じた規則的な分布の仕方を持つ。光では光源の空間的連続分布。これを $r_s'$ とする。固体の情報モデル(固体モデル)は固体が $r_s'$ を持つ入力光を生じている事象のモデルになる。 $r_s'$ の規則性が固体を決定するからこの規則性の把握がモデル形成に本質的である。このための一つの方法がLangacker, 1987により示されているが、それは不完全な入力には使えないので、ここでは不完全な入力に対するヒューリスティクスを考える。それは固体の以下の一般的性質を利用したものである。

1. 規則性の領域は有限な閉領域で、その中の有限個の点の近傍の和で近似できる。
2. 表面の点に中心で接する短い接線(2. 5Dの場合は小さい円)はその点の近傍を近似する。
3. 規則性の領域はその領域の任意の部分から特定される。
4. 3より二つの規則性の領域が共通部分をもてば両者は同一である。
5. もしノイズが固体からの入力より十分小さければ、固体からの入力分布はその規則性に従う入力の密度分布から推測できる。これに

より性質 1～4 は入力密度分布における規則性に適用できる。

#### 4. 3 固体モデルの形成

入力における  $r_s'$  とその規則性の評価推定について上記の性質を利用した方法のひとつを構成してみた。

1. 最初に入力源の位置分布について  $b$  の測定が必要。この測定により  $b$ 、 $-b$  の分布が得られる。(ここでは結合関係は考えず静的な視覚の入力による隣接関係に限って考察する。)
2. 分布の規則性は分布仕方の連続的同一性である。その基本は同一値の連続分布、すなわち定数関数である。従ってこれによって評価する。性質 2 より  $b$  の  $f$  値をもつ点  $f_i$  に中心で接する短い接線(単位接線)  $D'_i$  はその点の近傍の固体の  $f$  値と推定され、さらにそこでの  $b$  の  $f$  値の分布の仕方をこの  $f$  値を値とする定数関数  $I_{D'_i}$  と推定する ( $b$  の  $f$  値は  $f_i$  と  $f_{i+1}$  の奥行きから決まるから単位接線方向も決まる)。すなわち  $D'_i$  上の点  $x$  を含む領域でのその  $f$  値の分布を定数関数  $I_{D'_i x}$  とあらわすと、それが  $D'_i$  の各点で同一関数  $I_{D'_i}$  であるという規則性が推定される。また規則性の  $f$  値はとなりあう  $I_{D'_i x}$  と  $I_{D'_i x+1}$  の同一関係  $CE'_x$  の  $D'_i$  での列  $\cap^{D'_i} CE'_x$  である。入力には両者の結合が対応する。

$$\cap^{D'_i} CE'_x (I_{D'_i})$$

3. 性質 4 よりもし二つの単位接線が交わってれば、両者からなる端を除いた折れ線は固体の両接点を含む近傍の  $f$  値と推定される。従って各単位接線での定数関数と規則性がそれぞれあわさり、折れ線の範囲での定数関数と規則性が推定される。この過程は推移的であるから、これにより結び付けられる全折れ線は入力源の固体の密度分布に従うことが見込まれる。そしてその範囲での定数関数と規則性が得られる。性質 5 よりこれは  $r_s'$  とその規則性の推定である。今その範囲の  $f$

値を  $z$  とすると定数関数の  $f$  値は  $I_z$  規則性の  $f$  値は  $\cap^z CE'_x$  となり  $\cap^z CE'_x (I_z)$  が入力の分布の仕方の推定になる。

4. 他方性質 5 よりこの過程に含まれない領域は規則性の外と推測される。両過程の境界は規則性の終わる点であり性質 1 によりその存在が保障される。

この方法は単位や分布のとり方により結果が一意に決まらないであろうが、ここではこの問題に立ち入らない。

固体モデルのためにはその入力源のための  $f$  値が必要である。これは  $F$  から推定された場で  $F$  に重なる。これを  $F^c$  とする。 $z$  の領域のすべての要素は規則性の  $f$  値によって関連づけられる、つまり一体化される。これは規則性により  $z$  内で定数関数が、又それにより  $b$  の  $f$  値  $b$  の分布が、さらにそれにより  $z$  が一体化されるためである。これは入力源として推定される固体に対応する。 $F^c$  上のこの一体化される領域を  $d_z$  と書く。すると  $b$  の分布の  $f$  値を  $\{b\}$  とすると  $\cap^z CE'_x (I_z)$  は、 $d_z$  と  $\{b\}$  をつなぐ関係、両者についての特徴の評価(推定)である。よって

$$(d_z < \{b\} >) < \cap^z CE'_x (I_z) >$$

が形成される。これは固体モデルの基本部分になる。これに他の諸特徴が帰属項として結合することになる。このときこれら諸特徴の規則性により入力源としての固体を決定する場合も考えられ、それについても同様な考察が可能である。

以上は主に計算論的な考察でありハードウェアとしての生理学的知見とは直接比較できないが、関連する論点では次のようなものが見られた。

1. 考察した固体モデルは Marr (1987)、による 2.5 スケッチの限定された場合のように見えるが、各特徴の結合がなされている点からむしろ視覚的なワーキングメモリにあたる可能性がある。ワーキングメモリは一体的な対象認識であることを示す証拠が報

告されている (Luck, Vogel 1999)。

2. 人間の対象認識に必要な情報は処理の初期段階で抽出されているということが支持されている (Kamitani, Shimojo 2003)。これは本論文のボトムアッププロセスと整合的である。
3. 図形認識が輪郭だけでなく広がりにもよる (Kovacs, Julesz 1994) ことは本論文で考察した推測の方法と類似している。

## 5. $\Psi$ と人間の知覚の比較

もし  $\Psi$  が妥当なものであればそれは人間の知覚と基本的に整合的なものであるはずで、得られる情報は‘人間’に固有の条件を  $\Psi$  に与えた場合同型になるはずである。ここでは個体認識について考える。固体は個体であるが個体の十分な定義がないので、固体モデルに比較できるような主な個体の理論と次の点で比較する。

1. 固体モデルの対応する対象とそれら理論による対象。
2. 固体モデルの構造とそれら理論による個体概念の構造。
3. 固体モデルの形成とそれら理論での個体概念の形成。

### UC 理論

これは‘同質的な閉領域は単一の対象 (UC object) と知覚されやすい’ (Palmer, Rock 1994) ということを知覚の組織原理としたもの。同質的な閉領域とは規則性の一つであるから、この原理による対象‘UC object’は固体と同類と考えられる。また UC object の一体性の定義は性質の連続的同一関係の結合というもので、固体モデルを性質分布一般へ拡大したもの。一方一体性については固体モデルの特殊な場合である。 $r_s$  は定数関数であったのでたまたま両者は重なっている。よって比較点 1 については同一対象と考えられる。UC object の構造はあたえられていないので比較点 2 は比較できない。比較点 3 についても UC object は不完全な入力か

らの推測は考えられていない。

### Minimal model 理論

この理論は個体を、規則性による (視覚で得られる) 要素の最大限可能な結合と定義する (Feldman 1997, 2003)。これは本論文での固体と同じに見えるがこの理論では「規則性」と「(視覚的) 要素」の定義が十分与えられていない。この理論に現れる「規則性」と「要素」の例からみると本論文のものとレベルが異なっていて、後者の規則性は前者の「要素」の構造にあたり「要素」を定義づけるものになるようである。従って全体的には両者は補完しあう関係にあるようにみられる。

以上の結果では  $\Psi$  と二つの理論は基本的に整合的であり互いに一般—特殊の関係、また補完しあえるような関係にあると考えられる。なお Object file theory や FINST theory 等対象の運動が本質的な理論ははぶいた。

これら以外に幼児の知覚や pre-attentive な知覚についての知見が比較の役にたつと思われる。幼児において空間的情報が他の諸情報より個体認識に先行するという多くの実験結果が得られている (Carey, Xu 2001, Xu, Carey, Quint 2004, Wynn 1992)。これは本論文での空間的連続性による固体モデルの形成と整合的である。次に特徴分布の Grouping が視覚の初期に Pre-attentive に起き、その後 Attentional なプロセスが逆方向に起きることを支持する証拠が報告されている (Driver Davis, Russell, Turotto, Freeman 2001)。これは初期的なプロセスである固体モデル形成がボトムアップで起きることと整合的である。

### 意味論

知覚の最も組織化された出力情報は言語表現によるものであろう。よってモデルがはじめに述べた言語表現による情報の基本性質①～④を満たせば、 $\Psi$  の妥当性と同時に意味の情報モデルによる定義が可能になる。条件①は当然

成り立ち、条件②の世界との関係は、場面モデル、固体モデルのもととなる入力から人間はそれぞれ場面の心的表現や個体概念を形成することから、成り立っていると考えられる。この前提の上に条件③の言語表現の構造と情報モデルの構造の同型性について、ここでは主語—述語構造について考察する。

はじめに場面にイメージを写実的な絵、しかも点の集合であるような描き方をしたもので表すなら、これは入力分布に近似的に同型であり、場面モデルも同様であるから、入力の識別単位が同じなら両者は近似的に同型になる。

次に同じく識別単位が同じなら、固体モデルは個体概念にあたり固有名であらわすことができる。これについて表現と固体モデルの同型性を検討する。ある固体を  $A$  とし、 $A^m$  を固体モデル  $A^a$  を  $A$  の名前とする。 $A$  が性質  $B$  をもち  $B$  は規則性をもつとする。つまり  $B$  にあたる特徴をもつ光を生じる。すると  $\Psi$  は  $B$  のモデル  $B^m$  形成し、 $A$  が  $B$  をもつという事象に対してその入力からモデル

$$A^m < B^m >$$

を形成する： $A^m$  で特定した入力光を評価して対応する  $B^m$  を得、両者を総合する。得られる情報は

$$[A^m < B^m >]^T$$

となる。 $B$  の名前を  $B^a$  とすると同じ入力から人間は

「(主語)  $A^a$ —(述語)  $B^a$ 」

で言語化される情報を得る。

この文において主語  $A^a$  は  $A$  を指示する機能を持ち、述語  $B^a$  は性質  $B$  を  $A$  に結び付ける機能をもつ。また文は情報を運ぶものであるから、この文は  $[A^m < B^m >]^T$  に対応する。主語、述語の機能はそれぞれモデルの核、帰属項の機能と同じであるから各々対応しあい、文構造「(主語)  $X^a$ —(述語)  $Y^a$ 」は固体モデルの構造  $[A^m < B^m >]$  に対応する。さらに節「(主語)  $X^a$ —(述語)  $Y^a$  であること」は文「(主語)  $X^a$ —(述語)  $Y^a$ 」の内容、すなわち意味であり、これに

$X^m < Y^m >$  が対応することになる。つまり両者の構造が対応することになる。以上から文構造と固体モデルが同型であるといえる。

## 6. 結論

本研究の目的は「言語表現の意味が知覚システムの得る情報の内容である」という仮説について、知覚システムを進化論に基づいて計算論のレベルで構築することで検討することであった。その結果得られた知覚システム  $\Psi$  の出力情報と人間の知覚の結果を比較した結果は、

1. 心理学的知見との比較で、運動を含まない静的な個体認識についての理論 UC theory と Minimal model theory とは整合的である。また空間情報の処理が他の特徴情報の処理に先行すること、視覚の初期は preattentive にボトムアッププロセスが起きることが支持されていることと一致する。現在得られた結果の範囲では大きな対立点は見当たらない。
2. 言語表現との比較では、一定の条件のもとに  $\Psi$  の出力情報が言語表現の「主語—述語」構造に対応する構造をもつことが示された。

これらの結果は上述の仮説を支持するものである。しかし主語—述語構造の明示的な定義として意義があるが、ここで検討した情報の範囲が限定的であるため結果も限定される。従って仮説の検証には今後  $\Psi$  の拡張によって他の言語表現との同型性の検討、さらに論理的推論の能力について見当する必要がある。

## 文献

- Anderson, J. R. (1990). *The adaptive character of thought*. Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Carey, S., & Xu, F. (2001). Infants' knowledge of objects: beyond object files and object tracking. *Cognition*, 80, 179-213
- Driver, J., Davis, G., Russell, C., Turatto, M., & Freeman, E. (2001). Segmentation, attention and phenomenal visual objects. *Cognition*, 80, 61-95.

- Fauconnier, G. (1984). *Espaces mentaux*. Edition de Minuit.
- Feldman, J. (1997). Regularity-based perceptual grouping. *Computational Intelligence*, 13, (4), 582-623.
- Feldman, J. (1999). The role of objects in perceptual grouping. *Acta Psychologica*, 102, 137-163.
- Geisler, W. S., & Diel, R. (2003). A Bayesian approach to the evolution of perceptual and cognitive systems. *Cognitive Science*, 27, 379-402.
- Jackendoff, R. (1983). *Semantics and Cognition*. Cambridge, MA:MIT press.
- Kovacs, I., Julesz, B. (1994). Perceptual sensitivity maps within globally defined visual shapes. *Nature*, V. 370. 644-646.
- Lakoff, G. (1987). *Women fire and dangerous things*. The university of Chicago press.
- Langacker, R. (1987). *Foundation of cognitive grammar* vol. 1. Stanford univ, press.
- Luck, S., & Vogel, E. (1999). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279-281.
- Marr, D. (1982). *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Palmer, S., & Rock, I. (1994). Rethinking perceptual organization: the role of uniform connectedness. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1, (1), 29-55.
- Spector, K. G. (2003). The neural basis of object perception. *Current opinion in Neurobiology*, 13, 1-8.
- Talmy, L. (1988a). Force dynamics in language and cognition. *Cognitive Science*, 12, 49-100.
- Xu, F., Carey, S., Quint, N. (2004). The emergence of kind-based object individuation in infancy. *Cognitive Psychology* 49, 155-190.
- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature* 358, 749-750.