

## 10 まとめ

高次元圏の枠組みはまだ十分整備されていない。今年度の講義を終わるにあたって、もう一度、複雑系との関係を考察したい。

### 10.1 内部観測について

「それにまた「規則」という言葉の使用規則は、超規則だというわけではない。」( ウィトゲンシュタイン.[IM:Wit1, 第3巻 p154] )

「私が言語に関する哲学的説明において、すでに言語をまるごと(すなわち予備的、暫定的なものとしてでなくて)使わざるをえないということは、すでに、私は言語についてただ外面的なことがらしか述べ得ないということを示している。」( ウィトゲンシュタイン [IM:Wit1, 第3巻 p162] )

「言語のはたらき方の心理物理学的メカニズムとしての説明は、それ自身、現象(連想や記憶などの)を言語において記述したものである。それはそれ自身ひとつの言語的活動であって、記号操作の外部に位置している。われわれが必要とする説明は、記号操作の一部であるところの説明である。」( [IM:Wit1, 第3巻 p86] )

- [10.1.1] ウィトゲンシュタイン「科学や数学が多くの文を使いながら、それらの文の理解について何も語らないのは、思えば妙なことである。」[IM:Wit1, 第3巻 p40]
- [10.1.2] 各生物種は高度に特化した形態と行動様式などの基盤の上に生きているように見える。しかし、これらの基盤が<永遠のもの>であるかどうかには頓着しないし、またそれに<縛られている>わけでもない。「基盤の上に生きている」(規則に従っている)のではなく、その基盤もどきを利用している」というのが適切と思われる。生物は、その基盤が不適切なものとなればそれに執着はしないだけでなく、とくにさしたる理由もなくその基盤から別の基盤へと移行することもある、という描像が生物のあり方の根底にあるように思われる。
- [10.1.3] この「一過的な基盤」という描像が内部観測の立場(観測志向型研究)の核心を示す。
- [10.1.4] 科学の主要な作業は、日常的には見えない「不変性」(基盤)を見出し、それによってさまざまなことを統一的に記述・説明することにある。この基盤は数世紀も続く安定性を持つこともあるが<永遠の基盤>などという性格のものではない。内部観測の立場は、当面する具体的問題について適切な基盤を見出し、それをを用いて理論を展開しながら、同時に、その基盤の正当性についての懐疑をいつも念頭におくという姿勢と表現することができるであ

ろう。

- [10.1.5] これは、科学の本質は「懐疑」にある、という言い方でしばしば表明されていることでもある。しかし、懐疑には2種類ある。ある基盤の中での懐疑と、基盤自身への懐疑である。これらの間は厳密な境界はないが、内部観測の核心をなす「基盤への懐疑」には方法がないために、稀にしか見られない。
- [10.1.6] 「基盤への懐疑」が困難な理由の一つは、基盤は懐疑の余地がないように思われている点にある。そのために基盤であると意識されることすらない。このように「基盤への懐疑」は一見すると語義矛盾の様相があるために困難を伴う作業となる。
- [10.1.7] しかし、科学の進歩はいつも基盤自身の変化を伴ってきた。顕著な例としては
- (a) プラトンによる論証という基盤の構成。
  - (b) 16c. ブルーノ「無限の宇宙と諸世界について」1584, ガリレオ「星界の報告」1610により、「永遠不変」であった天界という基盤の崩壊と、宇宙という新しい基盤の誕生。
  - (c) 17c. 顕微鏡の発見によって明るみにでた微小世界の複雑性。ものの日常的連続性という基盤の崩壊と、原子論的世界像という基盤への移行。
  - (d) 17c. ニュートンによる因果的説明の確立。
  - (e) 17c. デカルトによる「明証性」という基盤の樹立。
  - (f) 19c. ユークリッド幾何学の相対化。
  - (g) 19c. リーマンによる多様体の導入。
  - (h) 19c. ダーウィンによる「種の不変性」という基盤の懐疑と、生物のもつ進化という新しい「不変性」の導入。
  - (i) 19c. カントールによる集合論の導入とラッセルの逆理。
  - (j) 20c. ヒルベルトによる「形式主義」による数学の新しい「基盤」。
  - (k) 20c. ウィトゲンシュタインによる自然数・記号系の不定性の発見。(ゲーデルによる不完全性定理には「形式系」という基盤の有効性への懐疑はあるが「形式系」という基盤そのものへの懐疑はない。)
  - (l) ワトソン・クリックによる、地球上の全生物に共通している機構の「発見」。
  - (m) 圏論という新しい基盤 (Lawvere, Grothendieck)
  - (n) 松野・郡司による、新しい「不定性概念」の発見。
- [10.1.8] 従って内部観測的研究は表面的には懐疑的方法をとる。
- (a) 懐疑の対象は、真理ではなく真理概念を定めている基盤である。
  - (b) 「基盤」はつねに「疑似基盤」と考え絶対視しない。通常「基盤」と考えられているものを<観測法>の一つと考える。
  - (c) 問題はつねに疑似問題であると考え、無意味とは考えない。

- (d) プラスクワスの懐疑論 [IM:Kr]: 「始めてする2つの数の足し算の結果を正当化することはできない」(規則の適用規則がない)。こうして「形式」自身が懐疑される。数や文字列なども懐疑される。

[10.1.9] 問題: 「内部観測の基盤自身も疑似基盤である」とすれば矛盾していることにならないか？」

- (a) この矛盾は「認識論的姿勢」(時間に依存しない<永遠の真理>を得ようとする姿勢)に止まるかぎり不可避である。
- (b) 内部観測の立場の要点は何ものをも恒久的な「基盤」とはしないが、一時的基盤を拒否するものではない。
- (c) 内部観測の立場では<一歩先>の見通しかたてられないと考える(というより、ふつうは一歩先の見通しに過ぎないものをすべてを見通していると勘違いしているのだ、と考える、ということもできる)。その先は、この一歩先の見通しが現実化した段階でしか見通せない(予測できない)と考える<sup>1</sup>。

[10.1.10] 上のことと、通常の科学研究の様相との違いはどこにも感じられないかもしれない。しかし似ているのは内部観測の立場もやはり疑似基盤であるという点だけであり、具体的には根本から違う。ウィトゲンシュタインによって発見されたこの疑似基盤「形式系の不定性」自身は、これまでの科学研究の自明な基盤としてほとんど意識されていなかった記号系と論理の確実性が虚構であったことを明らかにしたもので、その<帰結>を辿ることが先決問題となると考える。その帰結の先は今のところ見通せない。それどころか、その帰結が何をもたらすのか予想できない。

[10.1.11] この新しい「疑似基盤」では

- (a) 言明の真偽を問わず、言明の真偽を与えている基盤・状況に目を向ける。(これをクリプキ [IM:Kr] は「真理条件」から「言明可能条件」への移行と表現した。)
- (b) 種々の状況にあらわれる不定性は不可避であると考え、確定しようとししない。
- (c) 不定性の余地はなく確定していると思われるところでは、不定性を見る(現実的・概念的) <観測装置>がない(あるいは特殊な<観測装置>を使っていることが意識されていない)だけであると考え。
- (d) 個別と切り離された「一般的・普遍的言明」はないと考える。  
(d-i) しかし、特殊な個別的なもの・例だけを重視する、ということではない。

<sup>1</sup>Volpin[IM:V] は数  $n$  までが実現している段階では  $n'$  ( $n$  の次の数) しか言及できず、 $n''$  は  $n'$  が実現できた段階にならないと言及できない、という体系も考察している。

(d-ii) 個別的なものを捕らえるときに少し外側が必要である。「少し外側」がいくつかの間にか <全体> となってしまうところに用心するのである。

- [10.1.12] この新しい疑似基盤での <研究成果> の「表現」は容易ではない。基盤であるとする通常意識されていない「自明なこと」が主題となっているため、通常の枠組みで直接に内容を表現すること自身が意図と調和せず的外れになる。
- (a) ウィトゲンシュタインの著作のスタイルは、多くの場合に ネガティブに捕らえられているスタイルは、ウィトゲンシュタインの主張と調和している。
- (b) Volpin [IM:V] は通常の数理論理学とは異なる議論の方法を試み 4 種の modality ( deontic, aim, alethic, epistemic ) を導入しそれぞれに 3 つのカテゴリー ( possibility, real, necessity ) を持たせている。
- (c) 新しい試みとして「契機」[IM:G1] という考えが模索されている。「契機」では逆理も積極的に利用される。

## 10.2 数学における不定性

この新たな疑似基盤は数学におけるこれまでの基盤を無効にする。

- [10.2.1] 数学でも不定性がいたるところにある。たとえば数学的な対象の構成 ( 群の積など ) は同型類しか決まらないが、適当に選択してしまえばその不定性は解消できるので、不定性は非本質的なものと通常は思われている。
- [10.2.2] ここでいう不定性は「不確定性」とは違う。選択肢が確定しているが、その中のどれかは決まっていないという状況 ( 非決定的 ) は、一つメタレベルに移れば確定する。内部観測の視点が明らかにした不定性はどのレベルでも確定するということがないものである。
- [10.2.3] たとえば、「自然数の全体」は確定しているとは言えない。これより有限 / 無限の区別が明確でなくなる。
- (a) 砂山のパラドクス (Sortes Paradox)[IM:Hy]  
 1 個の砂粒は砂山ではない。  $n$  個の砂粒が砂山でなければ  $n + 1$  の砂粒も砂山ではない。ゆえに帰納法により、すべての  $n$  について  $n$  個の砂粒は砂山を形成しない。
- (b) ウィトゲンシュタイン [IM:Wit2]: 「 $\pi$  の十進展開に 777 が現れるか否か」は問題として成立していない。」
- (c) Essenin-Volpin の Ultra-intuitionism[IM:V]:  $10^{12}$  に達しない自然数列。  
 (c-i) Volpin が懐疑すること:  
**T1** The uniqueness (up to isomorphism) of the natural number series,

- T2 The existence of the values of primitive recursive functions (prf) for every system of arguments for an arbitrary natural number series,  
 T3 The principle of mathematical induction from  $n$  to  $n'$ ,  
 T4 If the axioms of a formal system are true and the rules of inference conserve the truth then each theorem is true,  
 T5 The meaningfulness of the relations of identity and distinctness,  
 T6 The possibility of neglecting modalities and aims in foundations of mathematics,  
 T7 The possibility of neglecting tenses, voices and moods of verbs,  
 T8 The possibility of neglecting the rules of attention and neglecting.  
 T9 The hypothesis of potential feasibility,  
 T10 The division of theories into object theories and metatheories.  
 T11 The postulates of the intuitionistic predicate calculus.

- (c-ii) 自然数のペアノの公理系の非標準的モデルの存在と関係あるように見えるが、ここでは超準数学を支えているような形式系という基盤自身が問題になっている。
- (c-iii) 数の記法は数の観測装置と見なせる。観測装置ごとに自然数列がある。「観測装置ごとに自然数列の一部が見える」とは言えないとするのが内部観測。
- (d) これより、 $\forall x \in \mathbf{N}[P(x)]$  という表現の意味が不定となり帰納法

$$P(0) \wedge \forall x \in \mathbf{N}[P(x) \rightarrow P(x+1)] \rightarrow \forall x \in \mathbf{N}[P(x)].$$

自身が無意味となる。ここでは、公理化等、記号論理学を支えている素朴な帰納法自身が不定となる。

- (e) 最大数のある自然数列 [IM:Tn3].

[10.2.4] 帰納法が不定になるので、『推移的閉包』という概念が不定になる。集合  $X$  上の 2 項関係  $R(x, y)$  があるとき、 $R$  の推移的閉包  $R^*(x, y)$  はある自然数  $n$  があって、

$$\exists x_1 \cdots \exists x_n [R(x, x_1) \wedge R(x_1, x_2) \wedge \cdots \wedge R(x_{n-1}, x_n) \wedge R(x_n, y)],$$

と書けるが、「ある自然数  $n$  があって」の意味が不定。

[10.2.5] 推移的閉包が不定になることから、形式言語の規定・証明概念の形式化などの紛れのないと思われている概念装置が不定性を持つものとなってしまう。これより「隠れた矛盾」が無意味となる [IM:Wit2]。

[10.2.6] Beck[IM:B] は、simplicial set による数学の現実化を試みている。「帰納法」は homotopy lifting property によって実現されると考えられている。

**p115** We thus take  $\Delta(n)$  as our finite model of the natural number object and use the homotopy lifting property to perform finite recursions.

**p121** The somewhat accidental and arbitrary separation of problem from solution, which is characteristic of classical methods ( and bridged by proving theorem with general hypotheses ), does not seem to be a feature of the simplicial. A complete simplicial description contains in itself a feasible solution.

**p122** Usually we emphasize the construction of ideal models ( say, classical dynamical systems) and existence theorems for ideal solutions. Unfortunately, in practice ideal solutions are often uninformative. Only when this point is reached do we resort to simplicial models in the guise of numerical methods to obtain concrete information: (Diagram omitted) Rather than consider simplicial models as *approximation* to ideal analytic truth, we propose to regard them as *the basic objects of study*.

[10.2.7] 高次元圏の枠組みが提供する新しい様相

高次元圏論により、次のようなことが可能となると思われる。

- (a) 等号を用いずに数学的理論を展開する。(「等号」の使用は恣意的な選択を強いるために、どこかで無理な帳じりあわせが必要となる)
- (b) 「無条件ではくり返せない推移性」を表現できる(上でも言及したように Beck [IM:B] のような方法もある。)
- (c) 「同じものの置き換えで事情が変わらない」ということが必ずしも成立しないという様相などを実現できる。(「同じ」と「違う」との違いは <現実的なもの> ではない。)
- (d) こういった様相の明確な理解こそ生物の進化の適切な理解には必要と思われる。

### 10.3 文献について

複雑系：現状と展望 [CS:KT, CS:KI]. 生物学を重視した展望 [CS:O].

内部観測：内部観測 (別名「存在論的観測」) についての徹底的考察は [IM:G1]. 内部観測の原点 [IM:Mat1]. 解説など [IM:G2, IM:Mat2, IM:Tj1, IM:Tn1]. 全く別の視点から内部観測に至ったもの [IM:Tn0]. 内部観測を考慮した研究の典型は [IM:Wit1, IM:Wit2]. ウィトゲンシュタインの研究の意義 [IM:G1, IM:Tn1]. プラスクワスの議論 [IM:Kr, IM:G2] (解説 [IM:Tj1, IM:Tn2]). 数学における不定性 [IM:Hy, IM:Tj2, IM:Tn2]. [IM:V] は不定性を考慮した 徹底的研究例. 数論的代数幾何における内部観測の役割 [IM:Tn3].

圏論：標準的教科書 [Cat:Mac] は最近改訂された。[Cat:BW] は計算科学向けだが概念の意義の説明がよい。[Cat:Bo] は圏論の現行の主要な道具を網羅的に詳しく解説 (第3巻はトポス理論)。[Cat:Man] はモナドに基づく代数的理論の教科書。[WnCat1:Mak1] は選択公理を使わない 圏論の再構成の試み。

strict  $n$ -圏：2-圏の入門としては [SnCat:KS] が最適。他に [Cat:Mac, Cat:Bo, WnCat1:Tj1]. 2-圏での結合図式の定式化 [SnCat:Str1].  $n$ -圏での結合図式の定式化の試み [SnCat:P].  $n$ -圏についての自明でない例 (oriental) の研究 [SnCat:Str2] が高次元圏論の一つの原点。[SnCat:Le] は最近の包括的解説。 $\omega$ -圏の圏としての性質は accessible category の理論 [Cat:MakP] からわかる [SnCat:Str2].

弱  $n$ -圏：双圏は [WnCat0:Be] で導入され、[WnCat0:Str] で深く調べられている。双圏の簡潔な定義は [Cat:Mac, Cat:Bo]. 弱 3次元の定義 [WnCat0:GPS]. 弱高次元圏研究の break-through は Baez [WnCat1:Bae1, WnCat1:BD1] による発想の転換。Baez の系統では [WnCat1:Bae2, WnCat1:H, WnCat1:HMP1, WnCat1:HMP2, WnCat1:Mak1, WnCat1:Miy]. 入門的解説 [WnCat1:Tj1, WnCat1:Tj2]. Baez の方法で使われる operad(multicategory) については [SnCat:La, SnCat:Le], Baez の方法がプリミティブに現われているもの：monoidal category の積を普遍的性質でとらえる試み [SnCat:li]. 通常の  $n$ -圏の路線 (globular approach) は Batanin [WnCat2:Bat, WnCat2:Str3]. Grothendieck による  $n$ -stack のプログラムから発する代数幾何系統のもの [WnCat3:Bre, WnCat3:Si, WnCat3:Ta]. これまでの単出力という制限を外すことで高次元セルの記述を単純化したもの：Hypercategory [WnCat4:MT, WnCat4:Tj5]. 高次元群論の頁 [WnCat5:Bro]. 0-weak Hypercategory の例 [WnCat6:La, WnCat6:Mil1, WnCat6:Mil2]

以下の URL 中の FCS は”<http://fcs.math.sci.hokudai.ac.jp>”  
または”<http://www.math.sci.hokudai.ac.jp/~tujisita>”に

EPRINT は”<http://xxx.yukawa.kyoto-u.ac.jp/abs/>” に置き換えて下さい<sup>2</sup>。

圏論関係の研究者情報は “<http://hypatia.dcs.qmw.ac.uk>”,  
最近のプレプリントは “<http://xxx.yukawa.kyoto-u.ac.jp/form>” で検索できる。

## 参考文献

- [CS:KT] 金子邦彦・津田一郎「複雑系のカオス的シナリオ」朝倉書店 1996. ISBN 4-254-10514-2.
- [CS:KI] 金子邦彦・池上高志「複雑系の進化論的シナリオ」朝倉書店 1998. ISBN 4-254-10515-0.
- [CS:O] Y. Oono. Complex systems study as biology. to appear in International Journal of Modern Physics B, Vol 12 (1998). 大野克嗣「生物学としての「複雑系研究」1998.1. (<http://www.affrc.go.jp:8001/dgc/DGCTpc/oono/oono.html>)
- [IM:B] J. Beck. Simplicial sets and the foundations of analysis. In Applications of Sheaves, Proceedings, Durham 1977, Springer LNS VOL 753, 1979, ISBN 0-387-09564-0. p 113-124.
- [IM:G1] 郡司ベギオ幸夫「生命と時間、そして原生-計算と存在論的観測」現代思想 1994.9(142-163),1994.11(359-382),1994.12(313-330),1995.4(308-339),1995.5(254-267),1995.8(218-264),1995.12(254-267),1996.6(325-335),1996.9(156-181),1996.11(256-287).(目次:”[FCS/doc/mot/gunji.html](http://www.affrc.go.jp:8001/dgc/DGCTpc/oono/oono.html))
- [IM:G2] 郡司ベギオ幸夫「適応能と内部観測-含意という時間」, 「複雑系の科学と現代思想 - 内部観測」p98-231,1997.
- [IM:Hy] Hyde, D. Sorites Paradox, in Stanford Encyclopedia of Philosophy. <http://plato.stanford.edu/entries/sorites-paradox/>
- [IM:Kr] ソール A. クリプキ(黒崎宏訳)「ウィトゲンシュタインのパラドックス」産業図書,1983,ISBN 4-7828-0017-7.
- [IM:Mat1] Matuno K., Protobiology, Physical basis of biology, CRC 1989 (訳書:松野孝一郎「プロトバイオロジー」東京図書,1992, ISBN 4-489-00336-6).
- [IM:Mat2] 松野孝一郎「内からの眺め」複雑系の科学と現代思想 - 内部観測 p8-50, 1997.
- [IM:Tj1] 辻下徹「生命と複雑系」. 「複雑系の科学と現代思想 - 数学」pp75-225. 青土社 1998, ISBN 4-7917-9145-2 . (“[FCS/doc/tjst/983-1cs.pdf](http://www.affrc.go.jp:8001/dgc/DGCTpc/oono/oono.html)”(640K))
- [IM:Tj2] 辻下徹「数学と複雑システム学の多様な関係」秋季日本数学会特別企画講演 . (予稿,[OHP:FCS/doc/tjst/98X-gakkai.html](http://www.affrc.go.jp:8001/dgc/DGCTpc/oono/oono.html))
- [IM:Tn0] 角田秀一郎「人理学」(1994年版:“[FCS/doc/people/tsunoda/jinri.pdf](http://www.affrc.go.jp:8001/dgc/DGCTpc/oono/oono.html)”(791K), 改訂99年版準備中)
- [IM:Tn1] 角田秀一郎「2つの系と自分」複雑系札幌研究会講演記録,1998.1 (“[FCS/doc/tsunoda/tsunoda981.pdf](http://www.affrc.go.jp:8001/dgc/DGCTpc/oono/oono.html)”)
- [IM:Tn2] 角田秀一郎「Russelの逆理の懐疑的解決」, 奈良女子大学人間文化研究科年報第14号掲載予定, 1998.7. (“[FCS/doc/tsunoda/tsunoda987.pdf](http://www.affrc.go.jp:8001/dgc/DGCTpc/oono/oono.html)”)
- [IM:Tn3] . 角田秀一郎「数学と存在論的観測」, 複雑系札幌研究会講演予定 1999.3 (“[FCS/kaken/993program.html](http://www.affrc.go.jp:8001/dgc/DGCTpc/oono/oono.html)”, 予稿を“[FCS/doc/tsunoda/tsunoda993.pdf](http://www.affrc.go.jp:8001/dgc/DGCTpc/oono/oono.html)”に掲載予定)

<sup>2</sup><http://xxx.yukawa.kyoto-u.ac.jp/> は e-print server <http://xxx.lanl.gov/> の日本のミラーサイト.



- [IM:V] A.S. Yessenin-Volpin. The ultra-intuitionistic criticism and the antitraditional program of foundations of mathematics, Intuitionism and proof theory, p3-45. Proceedings of the summer conference at buffalo NY 1968, eds A. Kino, J.Myhill, R.E. Vesley, North-Holland 1970.
- [IM:Wit1] ヴィトゲンシュタイン全集 . 大修館書店 1976.
- [IM:Wit2] アリス・アンブローズ編(野矢茂樹訳)「ヴィトゲンシュタインの講義。ケンブリッジ 1932-1935 年」。
- [Cat:BW] Barr M. and Wells C.. Category Theory for Computing Science, 2nd ed.. Prentice Hall 1995. ISBN 0-13-120486-6.
- [Cat:Bo] Borceux F. Handbook of Categorical Algebra 1,2,3. Encyclopedia of mathematics and its applications. Cambridge University Press 1994. ISBN 0-521-44178-1, 0-521-44179-X, 0-521-44180-3.
- [Cat:Mac] MacLane S.. Categories for the Working Mathematician. Second Edition. Springer 1998. ISBN 0-387-98403-8.
- [Cat:MakP] Makkai M. and Paré. Accessible Categories: The Foundations of Categorical model Theory. Contemporary Mathematics Vol 104. AMS 1989.
- [Cat:Man] E.G.Manes. Algebraic Theories. Graduate Texts in Mathematics **26**. Springer Verlag, 1976. ISBN 0-387-90140-X.
- [SnCat:KS] Kelly G.M. and Street R. Review of the elements of 2-categories. Springer Lecture Notes in Math. Vol. 420 (1974), 75-103.
- [SnCat:La] J. Lambek. Deductive systems and categories II. Springer LNM 86, pp76-122, 1969.
- [SnCat:Le] Leinster T. Structures in Higher-Dimensional Category Theory. (<http://can.dpmms.cam.ac.uk/~leinster/POSTGOM.ps>).
- [SnCat:li] F.E.J.Linton. The multilinear Yoneda lemmas: Toccata, Fugue, and fantasia on themes by Eilenberg-Kelly and Yoneda.
- [SnCat:P] A.J.Power. An  $n$ -categorical pasting theorem, Proc. Category Theory, Lecture Notes in Math 1488 (1991) 326-358.
- [SnCat:Str1] R. Street. Limits indexed by category-valued 2-functors. Journal of Pure and Applied Algebra 8 (1976), 149-181.
- [SnCat:Str2] R. Street. The algebra of oriented simplexes. Journal of Pure and Applied Algebra **49** (1987), 283-335.
- [WnCat0:GPS] Gordon, R., Power, A.J. and R. Street. Coherence for Tricategories. Memoirs of the AMS No 558, 1995. ISBN 0-8218-0344-1.
- [WnCat0:Be] J. Bénabou. Introduction to Bicategories, in Springer LNM 40, Springer-Verlag, Berlin, 1967, 1-77.
- [WnCat0:Str] R. Street. Fibrations in bicategories. Cahiers de topologie et géométrie différentielle, Vol XXI-2, 111-160 (1980).
- [WnCat1:Bae1] J. Baez,  $n$ -Categories - Sketch of a Definition (letter from John Baez and James Dolan to Ross Street, Nov. 29, 1995; corrected version as of Dec. 3, 1995) "<http://math.ucr.edu/home/baez/ncat.def.html>"
- [WnCat1:Bae2] John C. Baez, An introduction to  $n$ -categories, "<http://math.ucr.edu/home/baez/ncat.ps>".
- [WnCat1:BD1] John C. Baez and James Dolan, Higher-Dimensional Algebra III:  $n$ -categories and the Algebra of Opetopes, Adv. Math. 135 (1998), no. 2, 145-206 ("EPRINT/q-alg/9702014").

- [WnCat1:BD2] John C. Baez and James Dolan, Categorification (“[EPRINT/math/9802029](#)”).
- [WnCat1:H] C. Hermida, higher-dimensional multicategories - handwritten slides of talks presented at CT97 (Vancouver, July 1997) and the AMS Meeting, Montreal, September 1997, “<http://www.math.mcgill.ca/~hermida/papers/n-cats>”.
- [WnCat1:HMP1] C. Hermida, M. Makkai and J. Power. Higher dimensional multigraphs, Proc. of LICS 1998, 199-206.
- [WnCat1:HMP2] C. Hermida, M. Makkai and J. Power. On weak higher dimensional categories. Preprint 1997. “[FCS/doc/imported/makkai-multi.pdf](#)”.
- [WnCat1:Miy] H. Miyoshi. A combinatorial definition of Baez-Dolan  $\omega$ -category (abridged version), preprint, Mar 1997.
- [WnCat1:Mak1] M. Makkai, Towards a categorical foundation of mathematics, talk at the Logic Colloquium in Haifa, 1995.
- [WnCat1:Mak2] M. Makkai, Avoiding the axiom of choice in general category theory, J. Pure and Applied Algebra, 108 (1996) 109–173.
- [WnCat1:Tj1] 辻下徹 . 北海道大学大学院理学研究科講義「高次元圏論 I」  
1997/8 資料 “[FCS/doc/announce/am97.html](#)”.
- [WnCat1:Tj2] 辻下徹「複雑系の数理-高次元圏論への招待」Computer Today, 1008.5月号, サイエンス社. (“[FCS/doc/tjst/983-ncat-ct.pdf](#)”(624K))
- [WnCat2:Bat] Monoidal globular categories as a natural environment for the theory of weak  $n$ -categories. Adv. Math. 136 (1998), no. 1, 39–103
- [WnCat2:Str3] R. Street. The role of Michael Batanin’s monoidal globular categories, in: “Higher Category Theory” (editors E. Getzler and M. Kapranov) Contemporary Mathematics 230. AMS 1998, 99-116.  
(“<http://www-centre.mpce.mq.edu.au/papers/Norwestn.ps.gz>”)
- [WnCat3:Bre] Breen L. On the classification of 2-gerbes and 2-stacks. Asterisque 225, 1994.
- [WnCat3:Si] C. Simpson. Limits in  $n$ -categories. (“[EPRINT/alg-geom/9708010](#)”)
- [WnCat3:Ta] Z. Tamsamani. Sur des notions de  $n$ -categorie et  $n$ -groupoid non-strictes via des ensembles multi-simpliciaux, PhD. thesis, Universite Paul Sabatier, Toulouse, France, 1995. (“[EPRINT/alg-geom/9512006](#)”)
- [WnCat4:MT] H. Miyoshi and T. Tsujishita. Higher dimensional hypercategories. Preprint 1998.
- [WnCat4:Tj5] 辻下徹 . 北海道大学大学院理学研究科講義「高次元圏論 II」  
1998/9 資料 “[FCS/doc/announce/am98.html](#)”.
- [WnCat5:Bro] Ronald Brown, Higher Dimensional Group Theory,  
“<http://www.bangor.ac.uk/~mas010/hdaweb2.htm>”.
- [WnCat6:La] Yves Lafont. Interaction combinators. preprint July 1995.
- [WnCat6:Mil1] Robin Milner. The polyadic pi-calculus: a tutorial.  
(“<http://theory.doc.ic.ac.uk:80/tfm/papers/MilnerR/ppi.ps.Z>”).
- [WnCat6:Mil2] Robin Milner. Calculi for Interaction, preprint April 1995.  
(“<http://theory.doc.ic.ac.uk/imported/MilnerR/ac9.ps.gz>”)