

数学的モデリングの国際的な研究動向(その1)

- The International Commission on Mathematical Instruction Study 14における話題 -

大澤 弘 典

山形大学教育学部

E-mail: hiro@e.yamagata-u.ac.jp

要約

本稿の目的は、数学的モデリングについての国際的な研究動向を整理し、その基礎的な資料を提出することである。2004年2月13日-17日の期間に、ドイツのDortmund大学において、The International Commission on Mathematical Instruction (略称 ICMI) Study 14が実施されている。そのStudy Conferenceに先立って、チーフ・オーガナイザーであるW. Blumは、これまでの数学的モデリングの研究の概観と、そのStudy 14についての詳細な案内を数学教育の国際誌Educational Studies in mathematicsに投稿している。本稿は、その論文(Blum, 2002)と、ICMI Study 14における話題を基礎資料として記述する。

検索語：数学的モデリング, ICMI Study 14

0. はじめに

Blum(2002)の論文は、ICMI Study 14のメインテーマ「Applications and Modelling in Mathematics Education (数学教育における応用とモデリング)」に先立って公にされた論文である。彼の論文の目的は、数学的モデリングと応用の教授と学習の理論と実践に関連する幾つかの重要な論争点を浮かび上がらせることである。ご存知の通り、ICMIは、時節に応じ数学教育における関心の高い特定分野を深く詳細に探究するため、特別な研究論文集を公刊している。

ICMI Study 14は、2004年2月の13-17日の間、ドイツのドルトムントで開催されている。そのStudy 14は、Study Conference, Study Volume, Study Websiteの3つの構成から成り立っている。Study Conferenceは、すべての参加者によって活動的に進められる。レフリー付き論文審査を経て約80名の研究者が招待されている。日本からは、ICMI Study 14の国際プログラム委員である池田(横浜国大)をはじめ、大澤(山形大)、佐伯(金沢高専)、松崙(筑波大院)の計4名が招待されている。Study Volumeは、提出された論文や会議で見出した知見を集約し、本会議の終了後に発刊される。Study Websiteでは、応用やモデリングのよい実践例等を選択し続けていく。ICMI Study 14における知見は、2004年の7月にデンマークのコペンハーゲンで開かれるICME10 (10th International Congress on Mathematical Education)で発表される。Blumは、事前にICMI Study 14の構成案として、次の内容を提出している。

- 1 : 応用とモデリングにおける研究を保持するための適切な理由付けの確認 (: 理論的根拠)
- 2 : Study 14 テーマの概念的な枠組みの位置づけ (: Study 14 の枠組み)
- 3 : Study 14 に関連する重要な所産・試み・問題の精選と保有 (: 重要な問題点)
- 4 : Study 14 のテーマに関わる引用参考文献の付記 (: Study 14 に関わる引用参考文献)

また、ICMI Study 14の国際プログラム委員会のメンバーは、次の14名で構成されている。

- Werner BLUM (University of Kassel, Germany), *Chair of the IPC*
- Claudi ALSINA (University of Technology, Barcelona, Spain)
- Maria Salett BIEMBENGUT (University of Blumenau, Brazil)
- Nicolas BOULEAU (École Nationale des Ponts et Chaussées, Marne-la-Vallée, France)
- Jere CONFREY (University of Texas-Austin, USA)

- Peter GALBRAITH (University of Queensland, Brisbane, Australia)
- Toshikazu IKEDA (Yokohama National University, Japan)
- Thomas LINGEJÄRD (Gothenburg University, Sweden)
- Eric MULLER (Brock University, St. Catharines, Canada)
- Mogens NISS (Roskilde University, Denmark)
- Lieven VERSCHAFFEL (University of Leuven, Belgium)
- Shangzhi WANG (Capital Normal University, Beijing, China)
- Bernard R. HODGSON (Université Laval, Québec, Canada), *ex officio, representing the ICMI Executive Committee*
- Hans-Wolfgang HENN (University of Dortmund, Germany), *Chair of the Local Organising Committee.*

1. 理論的根拠

これまで数学教育の重要なテーマの一つであった応用とモデリングについての研究動向は、例えば、ICME(the International Congresses on Mathematical Education)における応用とモデリングに関わるワーキンググループ・トピックグループ・講演や、1983年から2年ごとに開催されているICTMA(the International Conferences on the Teaching of Mathematical Modelling and Applications)から窺い知ることができる。そこでの議論を踏まえ、Blumは次のように述べている。

「多くの国の学級で、応用とモデリングは昔に比べより重要な役割を担っているが、教育的な議論の着想と革新的な教育課程との間の本質的なギャップは、依然として存在する。練習を教授する日々が一方であり、本物のモデリング活動は、数学の授業の中では依然として稀である。概して最近の10年間、応用とモデリングに集中する数学教育において多くの貢献がある。多くの取り組みは、根本的な実践を保有してきた。例えば、数学的モデリングの構築と実施、教授と試験に関わる事例、教科書で方向付けられた応用、応用とモデリングの方法、革新的なカリキュラムと展開が存在する中での応用とモデリングの道具、カリキュラムで方向付けられたモデリングなどがある。これらの取り組みの幾つかは構成要素を含む。Niss(2001)が言うように、真の位置づけ、誇張した言葉でない問いとして研究を考えるならば、それらの問いへの答えを得るために、…まだ十分満足する答えが知られていない」。

Blumが指摘するように、モデリングの実践・研究は、未だにその体系を見通せるレベルには至っていないとは言えない。さらにBlumは、PISA(Programme for International Student Assessment)等も言及しながら、次のようにも述べている。

「数学教育上のほとんどすべての疑問や課題は、数学の学習と教授に関わる疑問と課題であり、数学と現実世界との間の関係によって、影響し影響される。例えば、なぜすべての人が数学を学ぶかという理由の一つの本質的な答えは、我々を取り巻く世界を理解、毎日の問題の複写、将来の職業の準備のために意味を与えることである。個人的な数学的知識をどのように獲得するかという問いを詳細に検討するとき、特に特殊な状況に依存する問題を含んだ学習環境の現実的な観点であるところの、過ぎ去った現実性の関係の役割を我々は手にすることができない。結局、どのように数学が現れ展開するかというところの、数学とは何かという一般的な問いは、我々の文化の一つの領域であり、社会現象の一つである。そして、他の修養、自然、社会において数学の応用をも指し示す。今日、数学的モデルとモデリングは、数学的モデルが何らの役割を果たさない幾つかの分野を除いて、様々な修養の場に侵攻している。これは、巨大な情報伝達能力を備えた計算機やコンピュータに見られるように、パワフルな電子機器の可能性によって、実質的に支えられ促進されている。最近のOECDの調査研究であるPISAにおいて、現実世界と数学との関係はとりわけ話題になっている。PISAで調査されたことは、数学的なりテラシーである(1999年のOECDにおける数学の枠組みを参照せよ)。すなわち、建設的な気づかっている思慮深い市民として、個人的な生活上の必要な様々な場面の中で、数学が現実世界で機能しているその役割の認定と理解、明確な判断の構築、数学の中での従事といった個人的な能力を調査している。PISAで強調されているのは、「異なった状況と群衆の中で、数学的知識を関数的に使う」ことである。したがって、問題に方向付けられたリテラシーを解決するとき、現実性における数学的結果の解釈、思索、承認ばかりでなく現実の状況の数学化も不可欠な過程である。2001年に公表されたPISAの2000年からの最初の結果によれば、幾つかの国において学校での数学教育について熱心な議論が開始された。特に、数学的モデリング・数学の応用・現実世界との関係の役割について、議論され始めた。」

2. Study14の枠組み

2.1 概念と見解

Blum は、次のようにモデリングに関わる用語や概念等を仮定義し議論を進めている。以下は、Blum の論文からの引用または要約である。複雑な「現実世界と数学との相互作用」の描写のために、その目的に関して開発されたよく知られたモデル例を我々は利用する(引用: Blum/Niss,1991)。スタート位置は、通常、現実世界における一つの「状況」である。問題解決者の知識と関心によって、その状況を単純化し、構成し、より正確にすることで、「問題」の定式化と状況の「一つのモデル」に導く。ここで我々は一般的な用語である「問題」を、説明し、理解し、あるいは現実世界の部分をデザインするねらいで、実際的な問題ばかりでなくさらに理論的な自然の問題としても包含し扱う。必要ならば、その問題の対処における状況により豊かな情報を与えるために、現実のデータが抽出される。我々の意識ではまだ現実世界の一つの部分であるところのこの「現実モデル」が、可能な範囲で十分に「数学化」されるならば、対象、場面、その中に含まれる関係や状況は、数学の世界に翻訳される。結果として、原場面の「数学的モデル」になる。同時に、問題解決者は、数学的結果を洞察し解釈することで手にした問題の解答が、自身の目的に道理にかなない適当かどうかを確かめることで、その数学的モデルを「承認」する。必要なら、すべての過程は、修正されたり異なったモデルで繰り返される。最後に、手に入れた初めの現実世界の問題の解決策が明言され導かれる。一つの問題場面から数学的結果を導く過程は、「数学的モデリング」と呼ばれる。しかしながら、同様な描写として、構成、数学化、数学的な働き、解釈、承認(：多分、数回の輪)の成り立ち全体の過程に関する見解の使用も共通になってきた。

与えられた現実場面は、現実世界の部分の文言において、既に事前に構造化されていたり、純粋に数学の問題の「装飾」という以上に意図されている場合がある。これは、伝統的な学校での「word problem(文章題)」でしばしば見られる場合がある。この場合、数学化は、単に「装飾されていない」問題を言い、モデリング過程は、唯一この非装飾、数学と単純な解釈から成り立つ。現実世界の問題を解くための数学の利用は、しばしば数学の「応用」と呼ばれる。数学の意味によって捉えられる一つの現実世界の場面は、「数学の応用」と呼ばれる。時には、「応用」の見解は、現実世界と数学の連結とった類として使用される。最後に示した「応用とモデリング」の用語は、現実世界と数学との間のすべての関係を意味するように次第に使用するようになった。一つとして「モデリング」という用語は、現実性に焦点を当てる。一方で、数学と、さらにもっと一般的には、その過程の含みを強調する。一つとして「応用」の用語は、数学との反対の位置に焦点を当てる。一方で、現実性と、さらにもっと一般的には、対象を強調する。その対象は、特に、数学的な取り扱い可能な、数学的モデルの存在に付随に可能な現実世界のそれらの部分である。この包括的な捉えを踏まえて、我々は、Study14のタイトルで使用する「応用とモデリング」の用語を認識する。

2.2 数学教育における応用とモデリング話題の構成

図1のように、Study14では応用とモデリング教育における「実態」を十分に描写するために、領域と段階という2つの側面の直交積を便宜的に採用している。一つ目の側面は、3つの領域に分けられる。第1の領域は「応用とモデリングの観念」から成り立つ。すなわち、応用とモデリングによって意味すること、そして数学的モデリングによって意味することは何か。概念と過程の専門用語の中で、応用とモデリングの最も重要な構成であることは何か。修養としての数学、他の修養、演習の領域で、応用とモデリングの認知的な特徴であることは何か。誰が何のために数学を使い、どのような種類の成果があるのか。モデリング能力とは何か、など。第2の領域は、「教室(における授業)」のことである。我々は、この用語(classroom)を応用とモデリングに関係する活動を教授し学習する位置の指針として使用する。もちろん、文字通りの意味での教室を含むばかりでなく、生徒の家庭学習、個人的あるいはグループにおける活動、教師の教授活動計画、生徒の作品や筆記記録、など積極的に含む。最後に3つめの領域は、「組織(system)」である。この用語(system)は、応用とモデリングの教授と学習に影響を及ぼすところの制度的、政治的、構造的、組織的、管理的、財政的、社会的、物理的環境に言及する。特定の生徒や教師において個体を考察することを取り上げるのでなくて、分かれた領域を構成することとして現れる。しかしながら、これは個体が我々の概念の部分でないことを意味しない。上述したように、応用とモデリングにおける活動を学習する際、一人一人の生徒は、その学級の成員である。教師もまた応用とモデリング授業の成員として見なされる。すなわち、教師は、生徒に教授し、指揮し、助言し、評価する。しかしながら、他の視点から、教師は、組織(system)の成員でもある。

これは、教師がシステムを踏まえ(典型的には教師のやり方において)、発話したり振舞ったりする際に発生する。例えば、選択、配置、個々の生徒の調査、あるいは規則、制作、決定における他の境界の状態、続けていけば、教育課程の実施にかかわることにおいてである。

第2の側面は、応用とモデリングが教授され学習される際に、教育的「段階」によって、構成される。我々は、度を越した詳細な議論を避け、国際的に多くの国々、多分すべての国々に事情に適合性のある分離を手に入れるために、相対的に段階の自然な分離を採用している。採用された段階は、「初等段階」、「中等段階」、「高等段階」、「教師教育の段階」である。

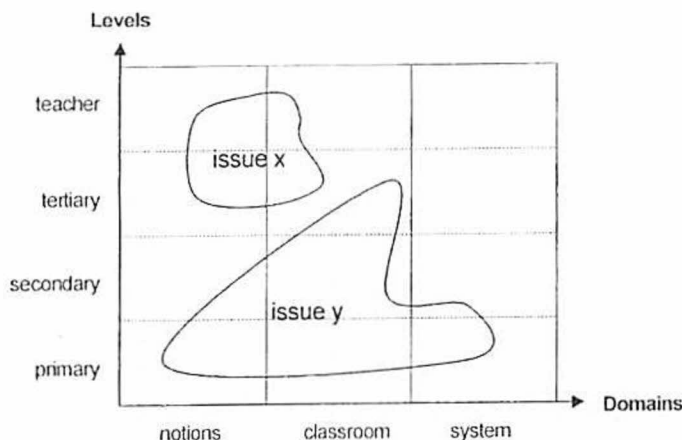


図1：応用とモデリング教育における実態

3. 重要な問題点

この節では、Blum(2002)の論文で提出された Study14 Conference の論争点を整理する。

3.1 認識論

応用とモデリングの範疇での構成要素の描写/表現はどのようなものか。応用・モデリングと数学との間の関係は、その領域、概念、表現、技能、方法を含め、どのようなものか。また明確に描写された形式はどのようなものか。応用・モデリングと我々の生きている世界との関係はどのようなものか。

- ・モデリングの構成過程は何か。おのおのに含まれることによって意味するものは何か。
- ・我々の応用とモデリングの知識は、どのように増え、展開し、時がたてば変化するか。
- ・応用とモデリングにおいて、もしあれば、どのような数学の部分が表現されるか。
- ・数学の中で、もしあれば、応用とモデリングのどの部分が表現されるか。
- ・応用とモデリングにおいて抽出、定式化、一般化の意味と役割は何か。
- ・モデリングにおける証拠と証明の意味と役割は何か。証明とモデリングの共通の特徴はあるのか。
- ・モデリングにおける「確実性」の多様な意味は何か。
- ・応用やモデリングに着手するために、特別な数学的内容にどれくらい馴染み認識しなければならないか。
- ・内容を超えて扱うとき、一般化であり転移なのは何か。

3.2 応用問題

生徒のモデリング能力の習得と開発のために、本質性の意味について述べる必要がある研究は何か。

- ・どのような本質的な応用・モデリング教材が、利用可能で国際的にあるか。
- ・教授物や生徒の状況(経験・能力)に注視する際、教師は、本質的な応用とモデリングどのように設定するか。
- ・既存の知識や能力を他の内容や状況に転移するための、生徒の才能に反映するような問題や教材の本質はどのようなものか。

3.3 モデリングの才能と能力

どのようにモデリング才能と能力は特徴づけられ、時がたてばどのように開発されるか。

- ・モデリング才能とモデリング能力は、異なった概念なのか。
- ・モデリング能力の特定の副技能や副能力は、認識されるか。
- ・モデリング才能は、一般的な問題解決才能から、どのように区別されるか。
- ・モデリング才能の開発において、認識できる段階(stage)はあるのか。
- ・熟達の手モデラーと素人のモデラーとの間に固有の違いはあるのか。モデリング経験のほとんどない生徒の活動における固有の特徴は何か。
- ・モデリング才能開発における純粋数学の役割は何か。
- ・共通の特徴は何か。また、応用とモデリングにおける生徒の個人的な才能と相互作用的な才能との間どのような共通の特徴があるか。また、どのような違いがあるか。

教師教育、教師前教育(学生教育)においてモデリングをどのように促進させるか。

- ・期待される教師のモデリング能力獲得を確実にするための教師教育プログラムにおける本質は何か。また、将来において、彼らが専門的に応用とモデリングを教えることのできる本質は何か。
- ・初等学校における生徒・教師の数学背景の限界と、そこでの教育における数学に関わりうる時間の限界との両者を考えるとき、彼らは、現実的で、自明でないモデリング状況をどのように経験することができるか。
- ・教師が重要な応用とモデリングを使用し安定的に授業を展開しうるために、どのような方略の訓練が役に立つか。

3.4 信念、態度、情意

生徒の適切な信念の開発と数学に向けた態度において、生徒と教師の両者を支える環境を与えるために、応用とモデリングはどのような広がりにより潜在能力を持つか。

- ・応用とモデリング学習における信念、態度、情意の研究で入手できる利益を考慮するとき、応用とモデリングに関連して、教師の実践と学級文化の変化についてのこの研究の意味することは何か。
- ・知識の他領域の構築に関しての一つの道具として、その役割技術を超えて展開する数学の眺めの促進に向かって、モデリングは十分に貢献できるか。
- ・応用とモデリングに向かう際、恐れのある経験が位置づけられている教師に対し、どのような教師教育上の方略が適しているか。

3.5 教育課程と目標

様々な教育段階における数学授業で、応用・モデリング活動と他の数学的活動との間で、注意、時間、取り組みといった述語の適当な均衡は何か。

- ・様々な国のカリキュラムにおける応用とモデリングの役割は何か。
- ・一般的な数学カリキュラムの範疇で、応用とモデリングでコアカリキュラムを認識することは可能か。あるいは望ましいか。
- ・応用、モデル、モデリング過程は、カリキュラムに含まれるべきかどうか。その答えは、おのおのの教師によるのか、それとも国や州のカリキュラムの最小限の指示によるものか。
- ・応用とモデリングで特設なコースやプログラムを一般化することは有益か。あるいは、応用とモデリングを標準的な数学コースに混ぜ合わせることはよりよいことか。
- ・一つの学際的な活動として、カリキュラム上で、応用とモデリングを取り扱うことは可能か。
- ・応用とモデリングが数学カリキュラム上の異なった位置に取り込まれるとき、モデリング才能と能力は組織的に理路整然として習得されることをどのように保障するか。

大学段階は、特に次のような問題が現れる。

すべての数学科大卒者からの嘆願は、勉強の一部として何がしかの応用とモデリング経験を習得することではないか。もしそうなら、どのような種類の経験を彼らにさせるべきか。応用とモデリングは、生徒の基礎的な能力を築き、生徒の生涯教育を豊かにするために、どのようにどの範囲に貢献できるか。

- ・「生涯教育」にどのような意味が与えられるか。それに関して数学的モデリングはどのような役割を担うか。応用とモデリングは、生徒に関わって本当に「生涯教育」の学際的な一部であるか。
- ・数学的モデリングという特殊な中で、生涯教育に対して、数学の貢献について、教師は心の中にどのような全体像をもっているか。また、それらがどのように影響されるかと考えているか。
- ・次に強調する生涯教育の範疇で、何が適当な均衡なのか。

3.6 モデリング教授法

応用・モデリングの開発と教授に関しての、適切な教育的な原理と方略は何か。教育段階の違いに関して原理と方略の相違はあるのか。

- ・応用とモデリングに焦点をあてたコースで、教授方略の教育的デザインや実施へ知らせ支えるための、研究知見は何か。
- ・応用とモデリングに焦点をあてたコースでデザインや実施を支援する中で、最も必要な領域は何か。
- ・人間の発達や学習の一般的な理論に近づく応用とモデリングコースの範疇での教授実践は、どのような広がりに向けてするか。
- ・そのような理論により提案される方法の選択とアプローチにおいて、どんな判断基準が最も有益であるか。
- ・学級文化における変容を抑制するような障害が現れるか。(例えば、応用とモデリングにおいて、機能する相互作用的なグループの導入)
- ・応用とモデリング教授の図式の範疇において、ある特定の観点で最も有益な選択肢を選ぶために(例えば、個人的に、グループ活動として)、どのような判断基準が利用されるか。
- ・成功したグループ学習の実践記録にどんなものがあるか。

3.7 支えられた実施

教材、教科書の多様性にもかかわらず、そして、数学教育におけるモデリングの包含に関して沢山の議論にも関わらず、すべての教育段階に関して、毎日の教授実践における応用と数学的モデリングの実際の役割は、依然としてかなり傍流なのはどうか。すべての数学教育段階で応用と数学的モデリングが統合され保持されることを確実にするために、この傾向をどのように後退させようか。

- ・応用とモデリングの導入を妨げるような大きな障害や邪魔があるか。また、それらはどのように変容しうるか。
- ・応用とモデリングコースの導入への障害に打ち勝つ明確な成功は何か。
- ・学校や大学での伝統的なコースにおける数学的モデリング環境に関してどのような要求があるか。
 - ・カリキュラム記録の中の数学的モデリング原理は、授業実践で反映されるということをどのように確実にするか。
- ・どのような継続的教育経験(そして、教師支援のための教育、ティーチングアシスタント、数学教師陣など)が供給されるべきか。

3.8 評価

モデリング能力の本質的な構成要素を獲得できる教師、教育方法やシステムに向けて可能な評価モデルに代わるものは何か。また、それらの実施に対して何が障害であるか。

- ・(一つの結果の代わりに)一つの過程として、数学的モデリングの評価の際、可能性と障害となるのは何か。芸術や音楽における評価から何か学ぶことが可能か。
- ・数学的モデリングの経験や学習後に、生徒の数学的概念における変容があるならば、その変容をどのように評価するか。
- ・教師教育において、数学的モデリングの教授と評価をするための将来の教師能力を評価するために、どのような技術が利用できるか。
- ・学校や大学の伝統的なコースに、数学的モデリングを導入するとき、どのように評価手順が適合されるか。
- ・生徒の統一試験を実施するとき、どのように数学的モデリングが正当に評価されるかということを確実にするか。
- ・グループ活動やプロジェクトの範疇で、個人的な貢献や業績をどのように評価するか。

どのような評価モデルが利用可能なのか。その評価モデルは、応用とモデリングの本質的な特徴を把握できるものであり、特に、総合的なコース、プログラム、カリキュラムの本質的な特徴を把握できるものである。また、それらの実施に対して障害は何か。

- ・数学を応用とモデリングに結合させるプログラムに引き継がれる数学的なプログラムについての教育過程を、どのような方法で通常おこなうか。
- ・モデリングプログラムからの結果を評価する際、何を成功と考えるか。例えば、生物学者、経済学者、工業や金融業の計画者、医学の専門家などは、何をやるのか。生徒の数学的モデリング能力において何を期待するのか。ある生徒がそれらの能力を成し遂げるかかどかをどのように確立するか。

3.9 テクノロジー

異なる教育段階で、生徒のモデリング能力を効果的に開発するために、また応用とモデリングにおけるオープンエンドな数学的状況についての生徒の経験を豊かにするために、テクノロジーはどのように利用されるか。

- ・応用とモデリングが導入される範囲に関して、テクノロジーはどのような関わり合いをもつか。
- ・テクノロジー的な状況によって、どのような応用とモデリングの重要な側面が関係される(されないか)。
- ・現在のテクノロジー装置によって、学級文化はどのように影響されるか。
- ・応用とモデリングの教授と学習における成功事例あるいは失敗事例の根拠は何か。
- ・テクノロジーは、応用とモデリングのどのような場合に手助けとなるか。
- ・モデリングの授業で、テクノロジーが必須なのはどのような場合か。テクノロジーなしでモデリング過程が展開できない状況はあるのか。
- ・裕福でない国々への配慮として、応用とモデリングは、テクノロジーなしで首尾よく遂行することが能か。
- ・応用とモデリングを含む内容において評価の選択や実践に関して、テクノロジー利用の可能性の影響は何か。

4. Study14に関わる引用・参考文献

- Blum(2002)は、ICMI Study14に関連する基礎資料として、以下の論文を提示している。
- Bell, M (1983), *Materials Available Worldwide for Teaching Applications of Mathematics at the School Level*. In: Zweng, M. et al. (eds): *Proceedings of the Fourth International Congress on Mathematical Education*. Boston: Birkhäuser, 252-267.
- Berry, J. et al. (eds) (1984), *Teaching and Applying Mathematical Modelling*. Chichester: Ellis Horwood.
- Berry, J. et al., (eds) (1986), *Mathematical Modelling Methodology, Models and Micros*, Chichester: Ellis Horwood.
- Berry, J. et al. (eds) (1987), *Mathematical Modelling Courses*, Chichester: Ellis Horwood.
- Blum, W. et al. (eds) (1989), *Applications and Modelling in Learning and Teaching Mathematics*, Chichester: Ellis Horwood.
- Blum, W., Niss, M. and Huntley, I. (eds) (1989), *Modelling, Applications and Applied Problem Solving-Teaching Mathematics in a Real Context*, Chichester: Ellis Horwood.
- Blum, W., Niss, M. (1991), *Applied Mathematical Problem Solving, Modelling, Applications, and Links to Other Subjects - State, Trends and Issues in Mathematics Instruction*, Educational Studies in Mathematics 22 (1), 37-68.
- Boyce, W.E. (ed.) (1981), *Case Studies in Mathematical Modeling*, Boston: Pitman Ad. Pub.
- Breiteig, T., Huntley, I. and Kaiser-Meßmer, G. (eds) (1993), *Teaching and Learning Mathematics in Context*, Chichester: Ellis Horwood.
- Burghes, D., Huntley, I. and McDonald, J. (1982), *Applying Mathematics - A Course in Mathematical Modelling*, Chichester: Ellis Horwood.
- Burkhardt, H. (ed.) (1983), *An International Review of Applications in School Mathematics*, Ohio: ERIC.
- Burkhardt, H., (1981), *The Real World and Mathematics*, Glasgow: Blackie and Son.
- Bushaw, D. et al. (eds) (1980), *A Sourcebook of Applications of School Mathematics*, Reston: NCTM.
- Clements, R. et al. (eds) (1988), *Selected Papers on the Teaching of Mathematics as a Service Subject*. Berlin/Heidelberg/New York: Springer.
- COMAP, *The UMAP Journal*, Lexington: COMAP.
- COMAP (1997-1998), *Mathematics: Modeling Our World*, Cincinnati: South-Western Ed. Pub.
- deLange, J. et al. (eds) (1993), *Innovation in Maths Education by Modelling and Applications*, Chichester: Ellis Horwood.
- deLange, J. (1996), *Using and Applying Mathematics in Education*. In Bishop, A. et al. (eds), *International Handbook of Mathematics Education V.1*, Dordrecht: Kluwer Acad. Pub., 49-97.
- Galbraith, P., Clathworthy, N. (1990), *Beyond Standard Models - Meeting the Challenge of Modelling*. Educational Studies in Mathematics 21 (2), 137-163.
- Galbraith, P. et al. (eds) (1998), *Mathematical Modelling - Teaching and Assessment in a Technology-Rich World*, Chichester: Ellis Horwood.
- Giordano, F.P., Weir, M.D. and Fox, W.P. (1997), *A First Course in Mathematical Modeling*, Pacific Grove: Brooks.
- Houston, S.K. et al. (eds) (1997), *Teaching and Learning Mathematical Modelling*, Chichester: Albion Pub.
- Houston, G. et al. (eds) (1988), *Mathematics as a Service Subject*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Huntley, L., James, G. (eds) (1990), *Mathematical Modelling - A Source Book of Case Studies*, Oxford: Oxford University

Press.

- Klankin, M. S. (ed.) (1987), *Mathematical Modelling: Classroom Notes in Applied Mathematics*, Philadelphia: SIAM.
- Lesh, R. A. and Doerr, H. (eds) (2002), *Beyond Constructivism: A Models and Modelling Perspective on Teaching, Learning, and Problem Solving in Mathematics Education*, Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- MAA and NCTM (eds) (1980), *A Sourcebook of Applications of School Mathematics*, Reston: NCTM.
- Matos, J. F. et al. (2001), *Modelling and Mathematics Education: ICTMA-9*, Chichester: Ellis Horwood.
- Niss, M. (1987), *Applications and Modelling in the Mathematics Curriculum - State and Trends*, Int. J. for Math. Ed. in Science and Technology 18, 487-505.
- Niss, M. (1992), *Applications and Modelling in School Mathematics - Directions for Future Development*. In Wirsup, I. and Streit, R. (eds), *Development in School Mathematics Education Around the World V.3*, Reston: NCTM, 346-361.
- Niss, M. (2001), *Issues and Problems of Research on the Teaching and Learning of Applications and Modelling*. In: Matos et al., loc. cit, 72-88.
- Niss, M., Blum, W. and Huntley, I. (eds) (1991), *Teaching of Mathematical Modelling and Applications*, Chichester: Ellis Horwood.
- OECD (ed.) (1999), *Measuring Student Knowledge and Skills - A New Framework for Assessment*, Paris: OECD.
- Pollak, H. O. (1997), *Solving Problems in the Real World*. In Steen, L.A. (ed.), *Why Numbers Count: Quantitative Literacy for Tomorrow's America*, New York: The College Board, 91-105.
- Pollak, H. O. (1979), *The Interaction between Mathematics and Other School Subjects*. In: UNESCO (ed.): *New Trends in Mathematics Teaching IV*, Paris, 232-248.
- Pozzi, S., Noss, R., Hoyles, C. (1998), *Tools in Practice, Mathematics in Use*, Educational Studies in Mathematics 36 (2) 105-122.
- Sharron, S. (ed.) (1979), *Applications in School Mathematics, NCTM Yearbook*, Reston: NCTM.
- Sloyer, C., Blum, W., Huntley, I. (eds) (1995): *Advances and Perspectives in the Teaching of Mathematical Modelling and Applications*. Yorklyn: Water Street Mathematics.
- Stillman, G. (1998), *Engagement with Task Context of Applications Tasks: Student Performance and Teacher Beliefs*, Nordic Studies in Math. Ed. 6 (3-4), 51-70.
- Stillman, G., Galbraith, P. (1998), *Applying Mathematics With Real World Connections: Metacognitive Characteristic of Secondary Students*, Educ. Studies in Math. 36 (2), 157-195.
- Swetz, F., Hartzler, J. (eds) (1991): *Mathematical Modelling in the Secondary School Curriculum*, Reston: NCTM.
- Verschaffel, L., Greer, B. and De Corte, E. (2000), *Making Sense of Word Problems*, Lisse: Swets&Zeitlinger.

5. ICMI Study14 Conference の概要

ICMI Study14 への参加者は、なんらかの発表を担っている。また、各自の発表ばかりでなくワーキンググループ (: WG)での議論等で積極的な貢献を求められた。筆者が参加した Implementation and Practice および Lower Secondary の WG では、各国の事情を反映し、議論は必ずしも方向性が見えるものでなかった。しかしながら、その相違が改めて明確になったのは、少なからず有意義なことであったと考える。参加者には自国についての考察が宿題として出されている。その議論の詳細や全体発表 (Plenary lectures) の内容については、別の機会に報告する予定である。以下、WG の担当者、Plenary lectures 発表者の一覧を掲げておく。

Working Groups A (four meetings, 6 hours)	Working Groups B (the "Level Groups" - one meeting, 2 hours 15 min)
Theme	Theme
Epistemology and Methodology - Jere Confrey & Richard Lesh	Primary - Marie Salett Biembengut
Authenticity and Goals - Peter Galbraith	Lower Secondary - Toshikazu Ikeda
Modelling Competencies - Lieven Verschaffel & Brian Greer	Upper Secondary - Shangzhi Wang
Mathematical Competencies - Eric Muller	Tertiary - Claudi Alsina
Implementation and Practice - Thomas Lingefjaerd	Teacher Education - Thomas Lingefjaerd

Plenary lectures

Name(s)	Title
Claudi Alsina	Less chalk, less words, less symbols ... More objects, more context, more actions
Morton Blomhøj & Tomas Hojgaard	What's all the fuss about competencies? Experiences from using a competence perspective on mathematics education to develop the teaching of mathematical modelling
Jere Confrey	How modelling and technology shape quantitative reasoning
Helen Doerr	A modelling perspective on learning to teach mathematics through modelling
Peter Galbraith	Beyond the low hanging fruit: raising the game for an enhanced future for Applications and Modelling
Brian Greer & Lieven Verschaffel	Modelling for Life: Mathematics and Children's Experience
Gabriele Kaiser & Kaija Maafi	Modelling in lower secondary mathematics classrooms - problems and chances
Henry Pollak	A history of the teaching of mathematical modeling in the USA

6. 引用・参考文献

Blum, W. (2002), The International Commission on Mathematical Instruction (:ICMI) Study14: Applications and Modelling in Mathematics Education - Discussion Document. Educational Studies in mathematics, 51(1), pp.149-171.

Henn, H. and Blum, W. (2004), Applications and Modelling in Mathematics Education: Pre-conference volume. The International Commission on Mathematical Instruction Study14.

The trend of mathematical modelling's research (1)

—Topic in the International Commission on Mathematical Instruction Study 14—

OSAWA, Hironori

Yamagata University, Faculty of Education

The purpose of this paper is to arrange the trend of international researches of mathematical modelling. To achieve the purpose I pick up the Blum's paper (: Blum, 2002) and the topic in the International Commission on Mathematical Instruction (: ICMI) Study14. In a word, they are assumed to be basic materials, and I describe this paper.