高等学校における探究的・協働的な数学コンテスト：数学A-lympiadとIM2Cへの附属高等学校の参加

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 大谷, 実, 伊藤, 伸也, 川谷内, 哲二, Ohtani, Minoru, Itoh, Shinya, Kawayachi, Tetsuji メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00051019

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.

高等学校における探究的・協働的な数学コンテスト：数学 A-lympiad と IM^{2}C への附属高等学校の参加

大谷　実・伊藤　伸也・川谷内　哲二*

Inquiry-Based and Collaborative Mathematical Contests for High School: Participation of KUSH in the Math A-lympiad and IM^{2}C

Minoru OHTANI, Shinya ITOH, and Tetsuji KAWAYACHI

1．はじめに

本稿では，高等学校でのグローバル人材の育成において有望であると思われる国際的な数学コンテスト「数学 A-lympiad」及び「IM^{2}C」を取り上げ，その背景にある数学教育観，コンテスト課題の特色を考察し，併せて附属高等学校数学科教員が大学教員と協働して参加をした経緯について述べる．これらのコンテストは，オランダの「現実的数学教育論」(Realistisch Wiskundeonderwijs) がその背景にある．これは，Utrecht 大学総長を務め，世界数学教育会議の顕彰者でもある数学者・数学教育学者のハンス・フロイデンタール (Hans Freudenthal: 1905-1990) の主導により 1969 年に設立された「数学教育開発センター」(IOWO) において，氏の数学・教授学思想を基底としつつ開発した数学教育論である．同センターは 1971 年に氏の名を冠する「フロイデンタール研究所」(Freudental Instituut) となり，2001 年に科学教育部門と統合され Freudenthal Institure for Science & Mathematics Education (略称 FIsme) となり，今日の STEM (科学・技術・工学・数学) 教育と呼ばれる教科横断的なモジュール，教師教育の欧州の拠点として機能している．

数学はオランダ語で wiskunde という．"wis" は「確実・精確な」，"kunde"は「知識・技能」を意味し，その語義は「基礎・基本的な知識・技能の確かな習得」を連想させる．しかし，フロイデンタールの数学論・教授論は，「現実感から出発し，現実感にとどまる数学」(Freudenthal, 1987) を重視する点に特色がある．本稿では，realistisch を「現実的」と訳すが，それには２つの含みがあり，一つは数学が日常生活や実社会における事象を組織化する上で有用であるように，もう一つは数学が児童・生徒にとって真実味を持つようにという点である．後者は，児童・生徒が問題状況を「イメージする」(zich realiseren, van den Heuvel-Panhuizen, 2001)ことができ，それが彼らに真実味を持つことである．例えば，スイフトの『ガリバー旅行記』の架空世界の状況を参照しつつ拡大・縮小や相似という数学的概念を学ぶことも理に叶っている (Treffers, 1987).

以下では，現実的数学教育を基調とするオランダの数学教育の特徴を示し，それと連動し・補完する上記コンテストの制度について具体的課題を例示しながら説明し，併せて，附属高等学校の約 15 年に亘る取り組みを紹介する．

2．オランダの現実的数学教育の実際

オランダは，憲法 23 条で教育の自由を保障し，学校設立や運営等に幅広い自由度を保障している．学校制度は初等教育が８年制で，その最終学年 (12 歳) で「オランダ測定評価研究所」(Centraal Instituut voor Toetsontwikkeling, 略称 CITO) のテスト成績等を参考に，複線系の中等

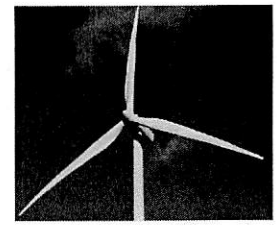
平成 29 年 10 月 30 日受理
*附属高等学校

学校：4年制の中等職業準備教育（通称 VMBO），5年制の上級普通中等教育（通称 HAVO），6年制の大学準備教育（通称 VWO）に進学する．HAVO と VWO の教育課程は，前半は共通性が高く，後半は専門に応じて履修する．教育文化科学省は各学校段階で大綱的な中核目標を示すのみで，最終学年で「全国最終試験」と校内試験に基づく評定を行い，それに合格をすれば中等教育卒業資格が授与され，評定に応じ高等教育に進学できる．このように，国は各学校段階の到達目標と卒業試験を課すが，その自由度の基で，現実的数学教育論は数学科のカリキュラム，教科書，授業，評価の枠組み，全国最終試験の在り方に大きな影響を与えている．その最大の特徴は，日常や身近な場面，職業に関わる場面，他教科に関連する場面を課題とし，数学を意味ある仕方で，柔軟に使用することを重視している点である．

現実的数学教育論の学習過程は，児童・生徒に意味ある現実世界の文脈からスタートし，次第に形式的な数学へと至り，その後も他の場面に活用する．例えば，HAVO/VWO 用教科書『現代数学 B』（Moderne Wiskunde B）では，「対数関数」を水草の成長の場面で水草が水面を覆う面積を時間の関数として導入し，具体の中から対数の性質を見出していく．さらに，その応用として，乾電池の残量の時間的な変化や，ネズミの個体の時間的増大の現象などを，現実のデータを基に考察する．さらに，「研究と職業へのオリエンテーション」でプロジェクト型の探究学習を行うよう配慮されている．さらに，全国最終試験でも，現実世界や社会的な文脈で派生する問題を解決する．数学は必須科目であり，短答式・記述式課題で構成され，3時間で20問程度ある．その特徴は，身近な文脈が参照され，長文であり，OECD PISA の数学的リテラシーの評価枠組みの基盤となっている（伊藤，2009）．

具体的であるために，問題の要約を数学Aと数学Bで各1問ずつ示す．数学Aは，2014年度の HAVO の問題で，環境問題に関わって代替エネルギーを導入する状況で，風力発電と化石燃料のコストを比較し，いずれが廉価であるかを問うものである．数学BはVWOの2007年度の問題で，レタースケールの構造に着目し，目盛りが等間隔でないことを三角関数の微分により説明するものである．

風力発電

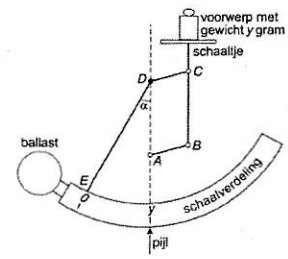


大型の風量タービンの費用を千単位で分割してシェアをする．1単位は351€で，500kWhを16年間供給する．加えて，維持費として1単位で年17€を支払う．ある家庭では年の電力消費が4000kWh必要である．この状況で，次の2つのオプションの何れが廉価か．

（1）16年間，8ユニットを購入し，1kWh毎に0.07€の税金を払う．

（2）現状のままの16年間電力契約をする．1kWは税込み0.22€である．代わりにユニット購入費と維持費にかかる全額を前金として年率0.3%の利子で預け，払い戻しを受ける．

レタースケール



右図には，レタースケールの仕組みが描かれている．矢印は，Dを中心として鉛直方向から回転した大きさで重さ（gr）を表す目盛りを示している．安定器（ballast）は，秤に何も乗せない時に DE が鉛直に設定する道具である．ED と BC の連結部は固定されている．y gr の物を秤にのせると，結合部 CDE は点 D で角度 α ラジアン回転する．円形をした秤と安定器も回転し，矢印は秤の目盛で y の値を指す．点 A，B，C がヒンジになっているため，秤はいつも水平な状態になっている．

レタースケールでは，次の関係が成り立つ．

$y = 70\frac{\sin\alpha}{\sin\left(\alpha+\frac{1}{4}\pi\right)}$ （αはラジアン）

（1）図中のαを測定し，yの値を求めよ．

（2）$y = 70$のとき，αの値を求めよ．

（3）$\frac{dy}{d\alpha} = \frac{70\sin\left(\frac{1}{4}\pi\right)}{\sin^2\left(\alpha+\frac{1}{4}\pi\right)}$を示せ．

（4）この秤には 100gr までの目盛があり，その間隔は異なっている．目盛の間隔が最も大きいαの値に対して$\frac{dy}{d\alpha}$は最小になる．αの値を求めなさい．

全国最終試験の問題は現実的な場面を取り上げているものの，形式的な計算，公式への数値のあてはめ，既に数学的に整備されたグラフや表を扱ったりするような小問の課題から構成されている．その意味で，教科書の問題や全国最終試験の問題は，現実的数学教育論の趣旨に基づいているが，数学を通して育成したい数学的モデル化，高次の思考，問題解決のプロセスを真性に評価できるものとは言い難い．そこで，オランダでは，数学Aに対して数学 A-lympiad を，数学Bに対して数学 B-Day という，オープン・エンドな問題解決を通して，問題解決や高次のスキルを育成し，また評価するコンテストを開発し，全国一斉に実施することになった（Haan & Wijers, 2000）．

3．数学 A-lympiad と数学 B-Day

フロイデンタール研究所は，現実的数学教育論をより充実させるために，数学 A-lympiad と数学 B-Day を施し，HAVO と VWO の最終学年の生徒が 4 名のチームで午前 9 時から午後 4 時まで協働で解決する．その成績は，卒業試験の成績の一部に加算される（Wijels & Haan, 2016）．

ここでは，文系学生向けの数学 A-lympiad について紹介する．数学 A-lympiad は，後期中等教育において科目「数学 A（C）」を履修する第 11-12 学年（16-18 歳）の生徒のための数学競技会であり，フロイデンタール研究所が統括している．その名称は科目「数学A」と「数学Olympiad」コンテストの合成語であるが，その目的，実施方法，評価の在り方は数学 Olympiad と本質的に異なっている．実際，数学 Olympiad は，数学に優秀な個々の生徒を対象とするのに対し，数学 A-lympiad は，文科系の生徒を対象とし，参加校の生徒が 3-4 名でチームを編成し，現実世界のオープン・エンドな問題解決に協働で取り組み，レポートを作成する．

1989 年，フロイデンタール研究所により「数学 A-lympiad 委員会」が組織されてた．委員会は，カリキュラム開発者，教師，数学者からなり，共同で評価問題を作成し，また生徒のレポートの最終評価を行う．競技会は国内予選ラウンドと国際決勝ラウンドからなる．予選ラウンドは 11 月，決勝ラウンドは 3 月に開催される．予選ラウンドは，基本的に 11 月第 2 金曜に各学校で実施される．予選ラウンドには，オランダの他，隣国ドイツ，ベルギー，デンマーク，オランダ領キュラソー諸島，イランなどから 1000 を超えるチームが参加する．その際に，問題は，英語，ドイツ語等複数の言語に翻訳される．予選ラウンドのチームの編成や競技会当日の運営は，各学校の裁量に任されている．

各学校は予選ラウンドのレポートを評価し，最優秀の論文（最大 3 篇）を数学 A-lympiad 委員会に推薦し，委員会は審査を通して決勝ラウンドに進出する 12 チームを選ぶ．さらに，デンマーク，ドイツ，キュラソー諸島からも参加国の判断で 1-2 チームが決勝ラウンドに進出する．各国には数学 A-lympiad の責任組織が定められており，各国での国内ラウンドをオランダに準じて実施する．決勝ラウンドは，3 月の週末にオランダの Veluwe 国立公園の会議場に集い，新しい課題に取り組む．決勝ラウンドは，課題がより難しく，広範である．参加チームは，金曜日の 11 時から土曜日の 13 時まで問題に取り組み，見出した解決をポスターセッションにより英語で口頭発表を行う．

以下では，2016-17年度の数学A-lympiadの国

内予選の課題「あなたを支える太陽と風：アンバーグリーンの実現（In the sun and the wind in your back: The realisation of Ambergreen）」の概要を紹介する．課題の内容は，代替可能エネルギー（太陽光や風力発電）を使用するクリーンな都市設計をするという類の総合的なものである．課題はデータ，グラフ，地図等を含めA4サイズで14頁ある．

あなたを支える太陽と風：アンバーグリーンの実現

近年著しく発展しているアンバーハーヴェン市で新しく造成されるアンバーグリーンという町の南東に位置する住宅地域で，持続可能な街として再生可能エネルギーにより自給自足が可能かどうかを調査する実験が行われる．

図１．アンバーグリーンの計画図

アンバーグリーンに建築される 175 軒の住宅の住民は，太陽エネルギーと風力エネルギーの利用方法を共同で決定する責任を持ち，それにかかる費用を公平に負担する．その際，住民は，市議会と専門家から助言を仰ぐ．

最初の課題

エネルギー源ごとの世帯当たりの平均コストと，エネルギー発電量への天候の影響を調べる．

課題１：エネルギーコスト

以下のデータに基づき，化石エネルギー（ガスと石炭火力発電所）消費と，ソーラーパネル発電によるエネルギー消費との，世帯当たりのコストの違いを求めよ．

データ：

・世帯当たりの年間平均エネルギー消費は，電気が3500kWh，ガスが1500 ㎥．

・石炭火力発電所からの電気のコストは，1kWh当たり平均17 セント（基本料金，諸税，税額控除込み）．

・ガスは1㎥当たり28 セントで，1㎥当たり26 セントのエネルギー税が追加される．加えて，基本料金として年間195 ユーロ（消費税込み）かかる．

・太陽光エネルギーの送電費用はかからないが，ソーラーパネルは購入する．その値段は 1 ㎡当たり 300 ユーロで，1 ㎡当たり年間平均 150kWh 発電し，耐用年数は 20 年である．

課題2：暖房や給湯はガスか電気か

ガスから電気に切り替えると，暖房や給湯で18,500kWhを余分に使用する．

暖房や給湯のための年間のコストを，次の3つの場合について求めよ：1 ガス；2 化石燃料からの電気；3 ソーラーパネルからの電気．

課題３：ソーラーパネル

実際の状況は，上記課題に示されることよりも複雑である．

ソーラーパネルを使用するこの世帯は，1日当たり平均8kWhの電気を使用し，1日当たり平均8.9 kWhを発電する（グラフの横軸に平行な直線）ので，賄える．それでも電気が不足する日がたくさんあった．この月の不足電気量を求めよ．

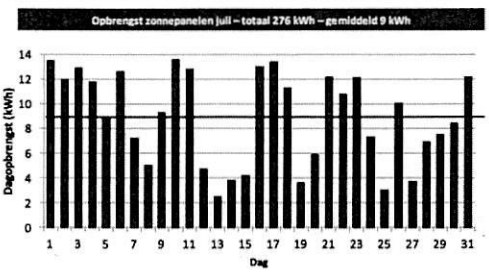


図２．６月のソーラーパネルの発電量

課題４：ソーラーパネルの設置

ソーラーパネルの発電量は，パネルの設置状況に左右される．次の2点が関係する．設置角度

(ソーラーパネルと地面とがつくる角度). 住宅の向き(パネルの南向き設置は, 西向きや東向きよりも有利).

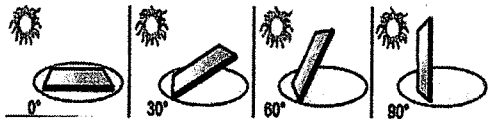


図３．設置角度

次のグラフは，住宅の向きとソーラーパネルの設置角度に基づく発電量を表す.

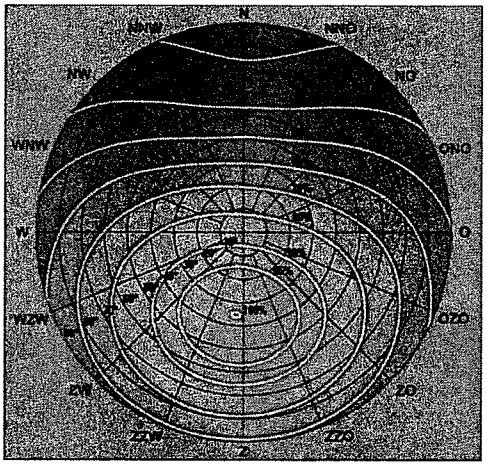
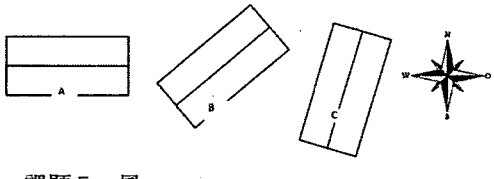


図４．向きと設置角度に基づく発電量

次の向きの3つの住宅における最大発電量と，ソーラーパネルの望ましい設置角度を求めなさい.



課題５：風

風力発電を考える．風力発電機は風力エネルギーを電気変換する．その電気供給量は風速と発電機のサイズに左右される．サイズは，出力3000kWの大型や住宅屋根用の出力0.5kWの小型もある．風速は日や時間ごとに変化する．太陽エネルギー供給は季節や昼夜で周期性があるが風力はそうでない．次の図は，市のある地点でのある1週間での風速と発電量を表す.

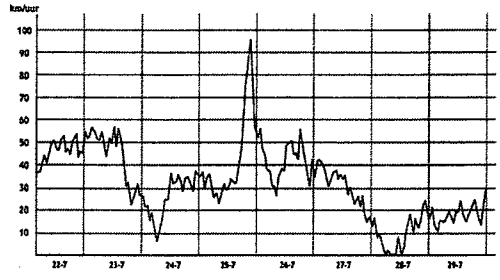


図５．　１週間の風速

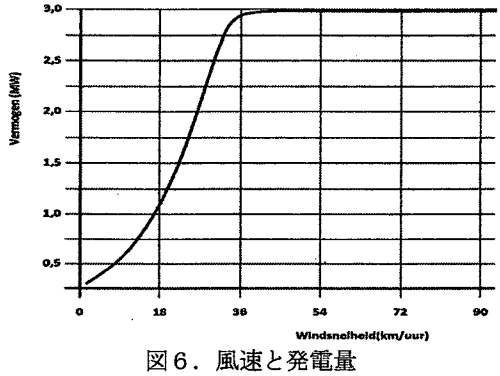


図６．風速と発電量

横軸は風速(km/h)，縦軸は発電量(メガW). この風力発電機が7月23日から29日までの1週間に供給する電力量を求めなさい.

最終課題

アンバーグリーンは，クリーンエネルギーへの完全移行を望んでいるが，ソーラーパネル1㎡当たりの出力がまだ小さく，2016年において完全移行は可能でない．ただし，数年後には出力が2倍になることが期待されており, その時には完全移行が可能となる．各世帯は，大型か小型のソーラーパネル, 3種類の風力発電機を選択できる（本稿ではデータを省略する）. ソーラーパネルは南向の設置が最善であるが，計画図のようにすべての住宅が南向きではない. 他方で, クリーンエネルギーの余剰電力は送電網に戻せず，また蓄電池も効率的ではない.

電気使用量は世帯によるが，平均して1年間約3600kWhである．電力需要は毎月一定と仮定し，暖房や給湯には引き続きガスを使用する．

課題

自治会の要望に基づき，各住宅の向きに応じて発電機器の購入について個別に助言を与え，風力発電機やソーラーパネルを希望しない場合に代替案を示すものとする．

1．各住民がソーラーパネルと風力発電機で最善の選択ができるよう，A4のリーフレットをデザインしなさい．

2．自治会向けのレポートで，ソーラーパネルメーカーと風力発電機メーカーを公平に扱い，住民が最善の選択ができるように根拠を示しなさい．

以上が2016年度の数学A-lympiad予選課題の概略である．数学A-lympiadは，数学が実世界と関連し真実味があるという信念，数学の問題に探究的に取り組むことの楽しさ，グループで協働して数学的活動に取り組むことのよさを生徒が育成する機会になっている．また，現実の問題は実際に解が一意に定まらないことが多く，このような問題への取り組みを通じて，活用力の育成を図ろうとしている．現実的数学教育論にもとづく授業や試験問題のみならず，こうした探究的で協働的なコンテストは，わが国の数学教育にとって示唆に富んでいる．尚，オランダでは，理系の数学B（D）履修者向けに，予選ラウンドの日に「数学B-Day」という似寄りのコンテストを実施している．また，初等学校では「Arithmetic Day」というコンテストもある．これらはオランダ国内のみのコンテストであるが，全ての児童・生徒が算数・数学の課題解決に探究的で協働的に取り組む機会が設けられている．

4．RMEの国際的展開とIM²Cの登場

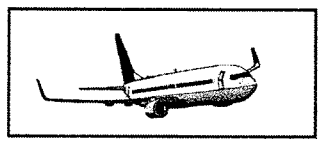
現実的数学教育論はRealistic Mathematics Education（略称RME）として，欧米の数学教育に影響を及ぼしている．例えば，OECD PISAの数学的リテラシーの評価枠組みの開発や，EUの第7次研究・技術開発枠組み計画（FP7）による数学・科学の教師教育の国際共同プロジェクトMathematics and science for life（略称Mascil）の教師教育用のモジュール開発において主導的な役割を果たしている（Doorman, Jonker, & Wijers, 2016）．また，米国ではFreudental Institute US（FI-US）が設立され，RMEに基づくミドルスクール向けの教科書Mathematics in Context（略称MiC）を開発している．さらに，欧米のみならず，「国際RME会議」も各年で開催されるようになっており，2015年に第5回会議が開催された．

RMEが次第に諸外国に影響を与える中で，人文系の数学A-lympiadのような国際コンテストを理系の数学B-Dayでも実施する計画が立ち上がり，IM²C（International Mathematical Modelling Challenge）というコンテストが組織され，何年かの試行を重ね，2015第1回がスタートした．組織立ち上げにあたり，フロイデンタール研究所で数学B-Dayの委員長のHenk van der Kooij氏や数学A-lympiad委員長のRuud Stolwijk氏も参加している．IM²Cは，米国の非営利団体のConsortium for Mathematics and its Applications (COMAP)が基幹組織となる数学的モデル化のコンテストであり，A-lympiadと同じように4名のチームで国内予選を行う点で協働的な性格を持つものであるが，実施形態において大きく2点異なっている．一つは，インターネットを利用する点であり，もう一つは，コンテスト実施形態と期間期間を各国の事情に応じて設定できることである．具体的には，各国の実施組織は，指定された期間までに参加チーム数をIM²C国際委員会に登録し，それらのコントロールナンバーを受け取る．1チームは同一高校の4名の生徒とアドバイザー（高校の数学科教員）からなり，各チームは各国が定めた連続する5日間で課題に対するレポートを作成し，アドバイザーはそのレポートが正統であることの証人となる．5日間で作成するレポートは母語で作成してもよい．各国に実施組織は最大2編のレ

ポートを決定し，英文で作成したレポートを国際委員会にメールで提出することになっている．国際委員会は，各国から提出されたレポートを審査し，入選作品を選定し，最優秀チームとアドバイザーを表彰式に招待する．なお，国内予選の実施方法には自由度があり，何等かの方法で2チームをあらかじめ選抜し，その2チームに5日間の課題解決に取り組ませてもよい．

以下では，IM^{2}Cの2017年の課題（Jet Lag）について，その概略を紹介する．課題は，国際会議を開催する場所を設定する際に，飛行機の移動による所謂「時差ぼけ」の影響を考慮し，会議の生産性が高まるようにするにはどうしたらよいかというものである (COMAP, 2017).

時差によるジェット機疲れ



国際会議を組織することは，いろいろな点で容易ではない．その一つが，参加者は母国から異なる時間帯の会議開催地へ移動する際のジェット機疲れ，季候や時期などの影響である．これらは会議の生産性に影響を与えうる．**国際会議マネージメント社** (The International Meeting Management Corporation (IMMC)) は専門家グループ（みなさんのチーム）に参加者人数，居住都市，会議の凡その日数，クライエントからうける要望など種々の情報が与えられとき，会議開催地（複数でもよい）を助言するアルゴリズムを創ることにより，この問題の解決を支援するよう依頼する．参加者は世界の全域から集い，ビジネスや学術会議は過密な日程において，ハードな知的チームワークをこなし，参加者全員が最終成果に等しく貢献することが期待される．査証問題や政治的な制約はないものとみなすので，多くの都市が会議候補地となりうる．アルゴリズムの結果は推奨される候補地（地域，時間帯，もしくは特定の都市）であり，会議の生産性を最大にするものである．

IMMCの財源は限られているが，他の会社も同様なので，経費は二次的な基準とみなされる．また，IMMCは参加者が会議一週間前に招聘して環境に順応させたり長く疲弊する旅の後に休息する時間を与えたりする余裕はない．あなたたちのアルゴリズムを少なくとも次の2つの場合でテストしなさい．

シナリオ１：“小さな会議”

時期：６月中旬

参加者：以下の国（地域）から６名が参加

- カリフォルニア州モンテレー，米国
- ズートペン，オランダ
- メルボルン，オーストラリア
- 上海，中国
- 香港（特別行政区），中国
- モスクワ，ロシア

シナリオ２：“大きな会議”

時期：１月

参加者：以下の国から１１名が参加する

- マサチューセッツ州ボストン，米国（２名）
- シンガポール
- 北京，中国
- 香港（特別行政区），中国（２名）
- モスクワ，ロシア
- ユトレヒト，オランダ
- ワルシャワ，ポーランド
- コペンハーゲン，デンマーク
- メルボルン，オーストラリア

提出物は1ページの要約シート，そして解答は20ページ以内とする．補足資料と参考文献は別途添付し20頁に含めない．

以上がIM^{2}Cの2017年度の問題の概略である．課題はシンプルで，A4サイズ1頁である．問題を定式化する際の要因や条件・仮説，関連するデータはない．この意味で，課題を数学化して探究する際にかなりの自由度があり，数学的モデル化過程としては高度である．

５．附属高等学校数学科の取り組み

金沢大学附属高等学校は，国立大学の附属として，先進的・先駆的な教育研究を推進するこ

とを使命としている．本稿の著者らは，2004年頃より，附属と学部の数学教育専修の教員が協働し，オランダの現実的数学教育論の研究に着手し，2007年には附属高校の川谷内の支援のもとで大学院生の辰野が数学 A-lympiad コンテストを実施した（瀬沼・大谷・辰野，2008），2008年には川谷内・伊藤・大谷が，オランダでの数学 A-lympiad コンテストの実地調査を行った．その後，３回にわたりオランダの予選ならびに本選を大谷が継続的に実地調査を行った．

本校は2014年より文部科学省の「スーパーグローバル・ハイスクール（SGH）」研究指定校となり，数学科の外山が授業において数学 A-lympiad コンテストの題材を授業に取り入れ「教科の SGH 化」と呼ばれる提案を行った．その際の課題は，「休憩をとりながら働く（Working with Breaks）」であり，２年生３クラスが班活動で課題に取り組み，ポスターを作成し，発表を行った（外山・大谷，2016）．

また，2015年には，コンテストの試行として数学 A-lympiad コンテストの国内予選に予備参加を行ったりするなどして，教科のグローバル化に向けて取り組んできた．その際の課題は「天気ほど変わりやすいものはない（Nothing as Changeable as Weather）」というものである．この取り組みは，数学という理系教科で SGH 研究を行う指針を提供することを試みた．さらに，2016 年には，ユトレヒト大学との協定により「日本数学 A-lympiad 委員会」を組織し，金沢大学が数学 A-lympiad の日本での幹事校となった。正式にコンテストを実施することは，全国の公立学校の新しい実践のモデルケースとして先導的役割を果たすことになり，その実践的意義は大きいと考える．筆者らは，わが国の高等学校数学科における探究的・協働的な学びの在り方を改善することに寄与すると思われるそのコンテストに金沢大学附属高等学校の数学科と協働で参加をした．その際には，数学科の大島が中心となり，運営を組織した．数学 A-lympiad と IM^2C の課題は，本稿で概要を紹介したものである．

数学 A-lympiad に関しては，2016年11月23日の祝日に，附属高等学校にて実施した．6チーム23名が午午前9時から16時まで，各チームで課題に取り組み印刷したレポート1部を数学研究室に提出した．英文課題に取り組み，レポートは日本語で作成した．本選出場２チームを決定する際の評価の観点は，オランダで行われている以下の観点にもとづき，附属学校数学科教員と大学教員の協議により決定した．

- 最後まで成し遂げられているか
- 数学を用いる際，根拠や過程を明確に示しているか
- 図・表・式・グラフ等，数学的表現を適切に活用しているか
- 課題に対する考察が深いか
- 議論の仕方が妥当で，その判断の根拠や理由が示されているか
- 議論の前提が明確であり，飛躍はないか
- 読みやすさ，論の組み立て，引用・参考文献等を明示しているか

この評価の観点は，IM^2C のレポートの評価においても同様に適用した．2016年に，A-lympiad に関してはイランに続き，東アジアで初めて正式に２チーム７名（女子３名，男子４名）が本選に参加をし，附属高校の戸田と大学の伊藤・大谷が引率を行った．

写真１　数学 A-lympiad2016 本選集合写真

本選は2017年3月9日-10日の2日間に亘り Velue 国立公園で開催され，19チームが参加した．各チームは宿泊を兼ねた個別のロッジで課題に取り組んだ．

課題は，人々の往来の混雑さをモデル化する

ものであり，複数の開場で開催される音楽フェスティバルの開催を組織し，参加者の効率的な配分と移動の際の混雑を最小限にする計画を立てるものであった．初日の夕刻には各チームの組織案を提出した．その際に，フェスティバルに参加する人気演奏グループの公演がキャンセルになるという予期しない条件が与えられるとともに，他のチームの組織案を受け取り，翌日の午前中までにその案を批判的に検討し，自分のチームの組織案のメリットを明確にする提案をレポートとポスターにまとめなければならなかった．

本選２日目の午後には，参加者全員によるポスターセッションが英語で行われ，他のチームや引率教員や委員会委員の質問に答えた．

写真２　ポスターセッションの様子

本選で提出したレポートとポスターセッションの相互評価も参考として各チームの取り組みは国際委員会で評価され，附属高校の２チームは第４位グループに入賞した．

IM^{2}C に関しては，2016 年度は附属高校の大島(現在県立金沢二水高等学校)がアドバイザーを務め，日本で初めて２チームが正式に国際大会に参加し，２チームともに Successful Participant として表彰された．２年度目の２チームは附属高校の川谷内がアドバイザーを務め，2 チームともに Honorable Mention として表彰された．これらのコンテストはまだ緒に就いたばかりであるが，金沢大学ならびに附属高校が中心的な役割を果たしながら，今後は日本全体にわたって参加校を徐々に広げていく予定である．

６．おわりに

わが国では，現在，社会に開かれた高等学校数学科の学習指導要領の改訂が進められ，新「大学入学共通テスト」でも記述式問題の導入や思考力・判断力・表現力等を問う問題や評価システムの開発が喫緊の課題となっている．しかし，高等学校の数学教育は旧態依然であり，他方で，日常や身近な課題を題材として数学を活用して思考を深めることを目指す新テストの問題例も，テーマに偏りがあり，内容もさほど身近でもないように思われる．わが国の高等学校の数学科が真に探究的な学びを目指し，平素の授業の在り方を改善する点で現実的数学教育論は，わが国の高等学校の数学教育改革のモデルになりうると確心する．

引用・参考文献

Cito (2016). *Examinations mathematics HAVO and VWO*. Arnhem.

COMAP (2017). *Consortium, 113* (Fall/Winter).

Doorman, M., Jonker, V. & Wijers, M. (2016). Mathematics and Science in Life: Inquiry Learning and the World of Work. University of Education Freiburg.

Freudenthal, H. (1987). Mathematics starting and staying in reality. In Wirszup, I. (ed.), *Developments in school mathematics education around the world: Proceeding of UCSMP International Conference on Mathematics Education* (pp. 279-294). Reston, VA : National Council of Teachers of Mathematics.

Haan, D. de & Wijers M. (eds.), (2000). *10 years of Mathematics A-lympiad: the real world mathematics team competition*. Freudenthal Institute, Utrecht University.

IM^{2}C: http://immchallenge.org/Index.html (2017年10月28日閲覧)

伊藤伸也（2009）. OECD-PISA の「数学的リテラシー」評価枠組みの背景：H.フロイデンタールの数学教授論との関わりから．*科学教育研究*33 巻 4 号，321 - 329 頁.

伊藤伸也（2007a）. H.フロイデンタールの数学観とその背景：人間の活動としての数学の検討を中心に．*筑波数学教育研究*26 巻，47-56 頁.

伊藤伸也（2007b）. H.フロイデンタールの数学教授学

における「数学化」の意味. *日本科学教育学会 研究会研究報告* 21巻6号, 59-64頁.

Jonker, V. & Wijers, M. (2016). *Mathematics and Science in Life*. University of Education Freiburg, Germany.

国立教育政策研究所（監訳）(2007). PISA 2006年度調査評価の枠組み, ぎょうせい.

Lange, J. de (1987). *Mathematics insight and meaning*. Utrecth: Rijkuniversiteit.

Mascil: http://www.mascil-project.eu/classroom-material/

大谷実・國次太郎 (2008). オランダにおける「数学A-lympiad」及び「数学B-Day」の現地調査：Scala Collegeでの取り組みと生徒のレポートの考察. *日本数学教育学会誌・数学教育*, *90* (1), pp. 42-51.

瀬沼花子・大谷実・辰野真夕 (2008). オランダにおける文科系高校生のための「数学-Alympiad」の背景と実際. *日本数学教育学会誌・数学教育*, *90* (1), pp. 42-51.

外山康平・大谷実 (2016). 現実場面を数学的に考察し解釈する数学的活動に関する授業実践研究: オランダの数学コンテスト「A-lympiad」の授業化を通して. 高校教育研究67号, 45-53.

Treffers, A. (1986). *Three dimensions: a model of goal and theory description in mathematics instruction - the Wiskobas Project*. Dordrecht: D. Reidel.

van der Kooij, H. (2010). Mathematics at work. In Pinto, M. & Kawasaki, T. (Eds.). *Proceedings of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Vol. 1*, pp.121-124. Belo Horizonte, Brazil.

van den Heuvel-Panhuizen, M. (2001). *Realistic mathematics education as work in progress*. In F. L. Lin (Ed). *Common sense in mathematics education, 1-43. Proceedings of 2001 The Netherlands and Taiwan Conference on Mathematics Eduation*. Taipei, Taiwan.

Wijers M. & Haan, D. de (2016). Mathematics for teams (p. 5). *Reflections from inside on Mathematics Education in the Netherlands*. ICME13, Hamburg.

付記：本稿は, 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「グローバル化に対応する探究的な課題学習を通した数学的コンピテンシーの育成」研究代表者・大谷実（課題番号 15K12374）及び金沢大学学校教育学類附属学校園連携 GP「探究的・協働的な数学コンテストの開発」研究代表者外山康平の助成を受けて行われた.

謝辞：コンテストの組織・実施・評価・本選引率等で, 附属高等学校数学科の戸田偉, 外山康平, 酒井佑士教諭ならびに大島崇教諭（県立金沢二水高等学校）に多大なるご支援を賜ったことに対し, 感謝いたします.